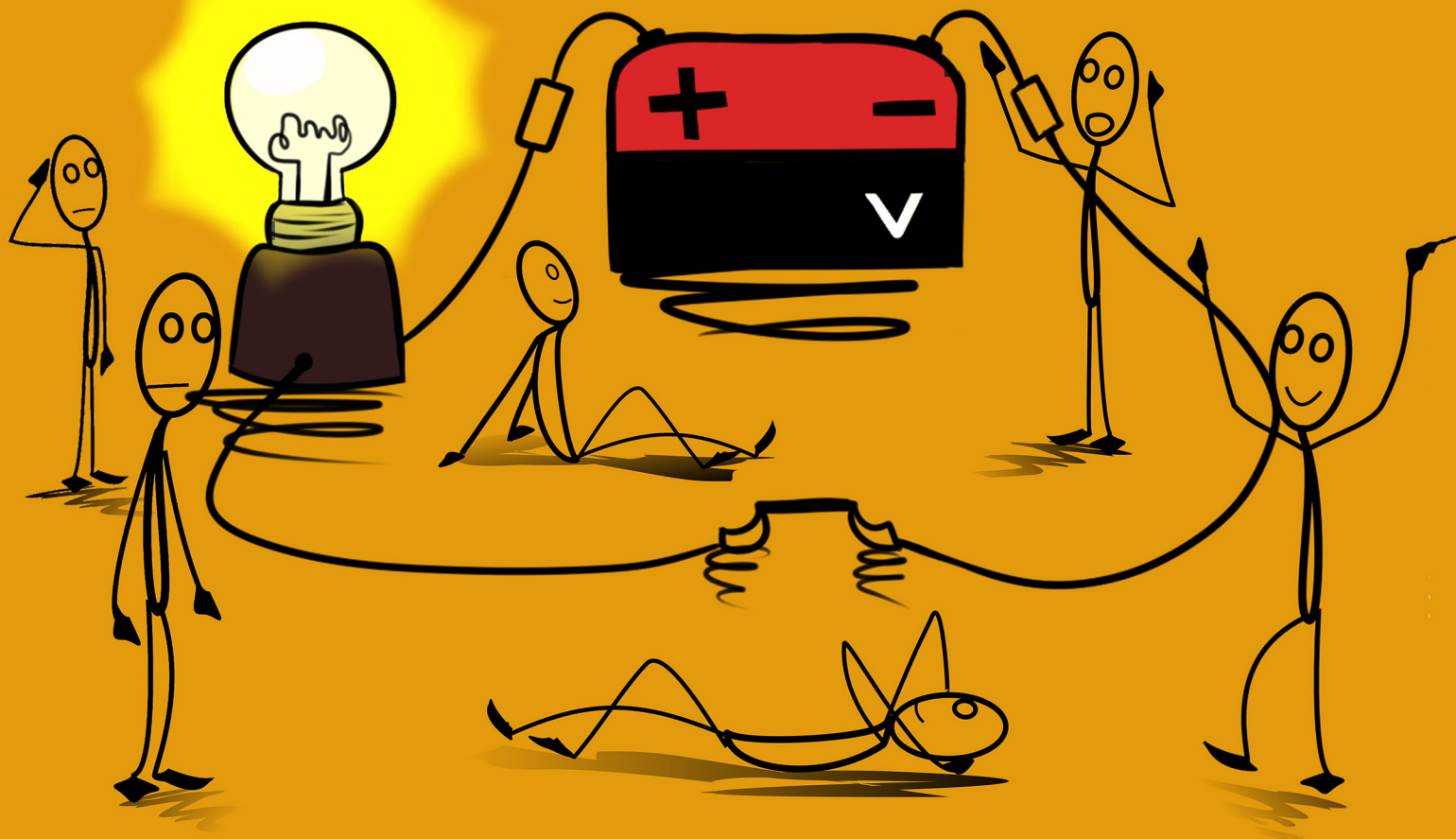


YASNA DOMAZETOVSKA
SVETLANA NIKOLOVSKA

ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik mesleği I sınıf



Yasna Domazetovska

Svetlana Nikolovska

ELEKTROTEKNIK

I SINIF

Üsküp
2022

Yorumcular:

Prof. D-r Aleksandar Risteski, elek.müh.mezunu, elektroteknik ve bilişim teknolojileri fakültesi Üsküp

Katerina Malova Mladenovska, elek.müh.mezunu, ÜBBOO "Vlado Tasevski" – Üsküp

Gordana Muleva, elek.müh.mezunu, BNOO "Kole Nedelkovski" – Köprülü

Ders kitabı başlığı: ELEKTROTEKNİK I (birinci) sınıflar için

Sektör/meslek: ELEKTROTEKNİK/ELEKTROTEKNİK

Nitelikler/Eğitim profilleri:

Elektronik ve telekomünikasyon elektro teknisyeni

Elektrik teknisyeni/enerji teknisyeni

Bilgisayar tekniği ve otomasyon elektro teknisyeni

Yazarlar: Yasna Domazetovska, elek.müh.mezunu

Svetlana Nikolovska, elek.müh.mezunu

Uzman kişi: Slobodan Tanevski, elek.müh.mezunu

Orijinal baskının başlığı: ЕЛЕКТРОТЕХНИКА I ГОДИНА

Електротехничка струка I година

Јасна Домазетовска

Светлана Николовска

Yayımcı: Kuzey Makedonya Cumhuriyeti Eğitim ve Bilim Bakanlığı

"Az.Kiril ve Metodiy" Sok.no. 54, 1000 Üsküp

Makedonca'dan Türkçe'ye çeviri: Ervin Salih

Mesleki redaksiyon: Doç Dr Aybeyan Selim, Uluslararası Vizyon Üniversitesi, Gostivar

Lektör: Ahmetnafi İbrahim

Grafik ve teknik tasarım: Elena Stefanovska

Bilgisayar yapımı ve kapak tasarımı: Kaya Domazetovska

Başım yeri ve yılı: Üsküp, 2022

Kuzey Makedonya Cumhuriyeti Eğitim ve Bilim Bakanlığı İlköğretim ve Lise Ders Kitapları Ulusal Komisyonunun 02.07.2021 tarihli ve 26-501/1 sayılı kararıyla bu ders kitabının kullanılması onaylanmıştır.

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

621.3(075.3)

DOMAZETOVSKA, Yasna

Elektroteknik [Електронски извор] : I sinif / Yasna Domazetovska, ;
[makedonca'dan türkçe'ye çeviri Ervin Salih]. - Üsküp : Kuzey Makedonya
Cumhuriyeti Eğitim ve Bilim Bakanlığı, 2022

Начин на пристапување (URL):

https://www.e-ucebnici.mon.gov.mk/elektrotehnika_1_. - Превод на делото:
Електротехника : I година / Јасна Домазетовска, Светлана Николовска. -
Текст во PDF формат, содржи 185 стр., илустр. - Наслов преземен од
екранот. - Опис на изворот на ден 28.07.2022
ISBN 978-608-273-042-4

1. Nikolovska, Svetlana [автор]

COBISS.MK-ID 57924357

ÖNSÖZ

Bu ders kitabı dört yıllık lise mesleki eğitim, elektroteknik mesleği I sınıf öğrencileri için Eğitim ve Bilim Bakanlığı tarafından onaylanmış öğretim programına göre hazırlanmıştır .Bu öğretim programının kredi değeri 9`dur.

Haftalık seviyede 3 teori öğretim dersi ve 1 uygulamalı ders (alıştırmalar)olarak hazırlanmıştır. Bu nedenden, ders kitabı 2 bölüme ayrılmıştır. Birinci bölüm haftada 3 ders (yıllık seviyede 108 ders) teori öğretim için ve 4 modüle (elektroteknik alanı) ayrılarak tasarlanmıştır. İkinci bölümde, her alıştırmmanın ikişer derste gerçekleştirilmesi öngörülüyor, öyle ki öğretim pogramının her içeriği kapsamaktadır. Her alıştırmadan önceuygulamayla ilgili göstergeler verilmiştir. Her alıştırma için, öğrencinin deney ve ölçümlerden elde edilen sonuçları kaydettiği ve kendi görüş ve neticelerini belirttiği detay defteri (teknik-teknolojik belge) sunulmuştur. Ek olarak, daha fazla öğrenmek isteyen öğrenciler için fotoğraflar ve diğer ek malzemeler sunulmuştur.

Terminoloji, büyüklüklerin işaretleri Elektroteknik ve Bilişim Teknolojileri Fakültesiyle (EBTF Üsküp) uyumludur. Tüm ölçü birimleri uluslararası Sİ sistemine (MKS) göredir.

Yazarlar, basit, daha erişilebilir ve pratik olarak kullanılabilir şekilde, fizikten açıklamalarla, elektrotekniki yakınlıştırmaya ve açıklamaya çalışmıştır. Bu ders kitabında kullanılan matematiksel model, ifade edilen olguları desteklemek ve onları nicel olarak tanımlamak için kullanılmaktadır. Ders kitabı, derslerin sonunda verilmiş 170`den fazla ödev içermektedir ve onların zorluk değeri her zaman daha basit`ten daha karmaşığa doğru ilerlemektedir (ödevlerin çözümlesine bir yön olarak kullanma amacıyla, bu ödevlerin bazıları örnek çözümlerle verilmiştir). Çözümü sunulmayan ödevler, özel yetenekli öğrencilerin bakışlarını genişletmek, daha karmaşık ve farklı düşünmeyi teşvik etme amaçlıdır.

Yazarlar, görüşleri ve önerileri ile bu ders kitabının kalitesini artıran derleyenlere teşekkür ediyor. Ayrıca, çalışma arkadaşlarımız olan Slobodan Tanevski, Aneta Mihaylovska ve Simona Petruşevska`ya mümkün olabilir kadar daha erişilebilir ve daha iyi bir ders kitabı elde etmek doğrultusunda fikirleri, yönlendirmeleri ve fedakarlıklarından dolayı minnettarız.

En aza indirmeye çalıştığımız bazı eksiklikler mümkündür ve olası eksikliklerin giderilmesine yol açacak tüm iyi niyetli görüşleri minnetle kabul edeceğiz.

Yazarlar

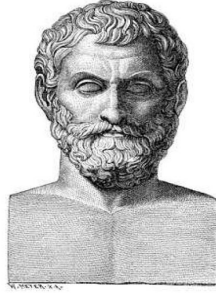
Elektroteknik öğretim programının hedefleri, öğrencilerin aşağıdaki belirtilenlerle ilgili bilgi, beceri ve yetkinlikler edinmesidir:

- Elektriksel büyüklükleri elektriksel olmayan büyüklüklerden ayırt etmek;
- Elektrik devrelerde temel elemanların uygulaması;
- Elektroteknikte temel yasaların uygulaması
- Doğru ve alternatif akımla elektrik devrelerin çalışması ve çözülmesi;
- Manyetik alan ve elektromanyetik indüksiyon hakkında bilgilerin sunulması;
- Temel elektriksel büyüklüklerin ölçülmesi;
- Çalışma sırasında koruyucu önlemlerin uygulanması;
- Teknik-teknolojik belgelerin kullanılması.
- Teoretik bilginin pratik uygulamada kullanılması

TARİH BOYUNCA ELEKTROTEKNİK

Elektrikliğin incelenmesi sonucu olarak, **elektrostatik** bilim dalı ortaya çıkmış ve gelişmiş. Elektrikliğin ve onun etkileriyle bağlı olgular, her gün incelenmektedir, geliştirilmektedir ve pratik uygulamada kullanılmaktadır.

Milattan önceki kimi elektrik olayları o zamanki felsefeciler-bilim adamları tarafından fark edilmiştir, fakat bu olayları açıklanamamıştır. Thales, kehribar bezle sürtündüğünde, bazı küçük nesnelerin çekme özelliği kazandığını görmüş.



Thales, felsefeci-bilim adamı, antik çağın “Yedi Bilgeler” inden biridir.

Kehribar’ın yunanca adı elektrondur, dolayısıyla bu bilimin adı da buradan gelmektedir **ELEKTROTEKNİK**.

Elektriklik için ilk yorumlar, gaz, ya da ağırlığı olmayan sıvı veya akıcı madde olduğu yönündeymiş. Gaz incelenen (elektriklenmiş) nesne etrafındaki alanda bulunmaktadır ve meydana gelen olayları bu gazla, yani sıvı ile dolu alanda etkilemektedir. Bir cismin etrafında eşit yoğunlukta iki tür sıvı olduğu düşünülmüştü. Cisim elektrikleşmiş olmadığında, sıvılar eşittir ve onların etkisi hissedilmiyor, diğer taraftan sıvılardan biri azalırsa, yani diğer sıvının

etkisi daha üstün gelirse, o zaman elektrikleşmiş cisim söz konusudur. Böylece, atom yapısının ve özelliklerini bilmeden, felsefeciler-bilim adamları pozitif ve negatif elektrikliği açıklamışlar.



Benjamin Franklin, elektrikleşmiş cismin etrafındaki sıvı teorisini savunuyormuş; paratonrenin mucidir.

Eski Yunanlılar doğal manyetizmayı biliyorlarmış, bununla beraber modern bilgilere göre elektriklik sonucu olan bazı manyetik özelliklerinin hakkında bilgileri varmış.

Bu dalların gelişimi ve onların fizik bir parçası olarak sınıflandırılması XIX yüzyılda olmuş. Keşifler ve bunların aralıklı bağlantıları, ELEKTROTEKNİK adı verilen tek bir bü-tünde birleştirilmiştir. En büyük etkiye sahip olan bilim adamları şunlardır:



Andre Marie Ampere, elektrodinamiğin kurucusu, manyetizmin temellerini atmış.



James Clark Maxwell, elektrik ve manyetik alanları ışık hızında hareket eden dalgalar gibi birleştirmiştir, ilk renkli fotoğrafı tanıtmış.



Michael Faraday, içinden elektrik akımının aktığı bir iletkenin etrafındaki manyetik alanın oluşumunu inceliyormuş. En iyi deneysel bilim adamlarından biri olarak kabul edilir ve benzini keşfetmiş.



Heinrich Rudolf Hertz, elektromanyetik dalgaların varlığını kanıtlamış ve hızlarını ışık hızına eşit olarak belirlemiştir. İyi dil duyusu varmış, bu yüzden Arapça ve Sanskritçe dillerini öğrenmiş.



Nikola Tesla, alternatif akımın ve radyo dalgaları iletimini inceliyormuş. O bir ekolojist olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını inceliyormuş.

İÇİNDEKİLER

1. ELEKTROSTATİK.....	11
1.1 MADDENİN YAPISI	11
ELEKTRİKLİLİK, ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER VE VE ELEKTRİK YÜKLÜ CİSİMLER.....	12
ELEKTRİK MİKTARI.....	13
1.2 COULOMB YASASI.....	14
SKALER, VEKTÖREL BÜYÜKLÜKLER VE ÖNEKLER.....	14
ELEKTROSTATİK KUVVET – COULOMB YASASI	15
1.3 ELEKTROSTATİK ALANI VE DİELEKTRİK SABİTİ	21
ELEKTROSTATİK ALANI VE ONUN ÖZELLİKLERİ	21
BÜYÜK DÜZ LEVHANIN ELEKTROSTATİK ALANI.....	25
BAĞIL VE MUTLAK DİELEKTRİK SABİTİ	27
1.4 ELEKTRİK POTANSİYELİ, GERİLİMİ VE ENERJİSİ	29
ELEKTRİK POTANSİYELİ.....	29
ELEKTRİK GERİLİMİ	31
EŞ POTANSİYEL YÜZEYLER.....	32
ELEKTROSTATİK ALAN ENERJİSİ	33
1.5 KONDANSATÖR.....	33
ELEKTRİK KONDANSATÖR.....	33
KONDANSATÖR KAPASİTESİ	34
KONDANSATÖR TÜRLERİ.....	36
PARALEL BAĞLI KONDANSATÖRLER.....	37
SERİ BAĞLI KONDANSATÖRLER	38
KOMBİNE BAĞLI KONDANSATÖRLER.....	39
2. SABİT AKIMLAR.....	43
2.1 SABİT AKIMLARDA TEMEL KAVRAMLAR, ÖZELLİKLER VE YASALAR	43
SABİT AKIM GÜCÜ	43
ELEKTRİK AKIM KAYNAĞI.....	43
KAPALI AKIM DEVRESİ VE ONUN ELEMANLARI.....	44
OHM YASASI	46
2.2 REZİSTÖRLERİN BAĞLANMASI	46
SERİ BAĞLI REZİSTÖRLER	47
PARALEL BAĞLI REZİSTÖRLER.....	49
KOMBİNE BAĞLI REZİSTÖRLER.....	51
2.3 SABİT AKIMLI BASİT AKIM DEVRESİ.....	53
BASİT DEVREDE ELEKTRİK AKIMIN HESAPLANMASI	53
BASİT AKIM DEVRESİNDE İKİ NOKTA ARASINDAKİ ELEKTRİK GERİLİMİNİN HESAPLANMASI....	54
2.4 SABİT AKIMLI KARMAŞIK AKIM DEVRESİNİN, KİRCHHOFF YASALARINI KULANARAK ÇÖZÜLMESİ.....	58

KARMAŞIK AKIM DEVRESİ.....	58
BİRİNCİ KİRCHHOFF YASASI.....	59
İKİNCİ KİRCHHOFF YASASI	60
KARMAŞIK AKIM DEVRELERİNİN ÇÖZÜLMESİNDE KİRCHHOFF YASALARININ UYGULANMASI61	
2.5 SABİT AKIMLI KARMAŞIK AKIM DEVRENİN ÇÖZÜLMESİ.....	64
SERİ BAĞLI GERİLİM JENERATÖRLERİ	64
PARALEL BAĞLI GERİLİM JENERATÖRLERİ.....	65
AKIM BÖLÜCÜ.....	66
2.6 SÜPERPOZİYON YÖNTEMİ.....	67
2.7 THEVENİN TEOREMİ	69
3. MANYETİK ETKİLER	73
3.1 MANYETİK İNDÜKSİYON, GEÇİRGENLİK VE ELEKTROMANYETİK	73
AKIMIN AKTIĞI İNCE DÜZ BİR İLETKEN YAKINLIĞINA MANYETİK İNDÜKSİYON VEKTÖRÜ ..	73
AKIMIN AKTIĞI BOBİNDEN MANYETİK İNDÜKSİYON VEKTÖRÜ.....	75
MANYETİK GEÇİRGENLİĞİ, BAĞIL MANYETİK GEÇİRGENLİĞİ	76
3.2 ELEKTRİKSEL VE MANYETİK BÜYÜKLÜKLER ARASINDAKİ BAĞIMLILIK	78
MANYETİK AKI.....	78
MANYETİK ALANIN KUVVETİ.....	80
ELEKTROMANYETİK KUVVET	81
3.3 ENDEKÜLENMİŞ ELEKTROMOTOR KUVVETİ VE İNDÜKSİYON	83
ENDÜKLENMİŞ ELEKTROMOTOR KUVVETİ	83
LENTZ YASASI	83
STATİK ENDÜKLENMİŞ ELEKTROMOTOR KUVVETİ.....	84
DİNAMİK ENDÜKLENMİŞ ELEKTROMOTOR KUVVETİ.....	84
ÖZENDÜKSİYON VE KARŞILIKLI ENDÜKSİYONUN ENDÜKLENMİŞ ELEKTROMOTOR KUVVETİ.....	85
3.4 ENDÜKTANS VE ENERJİ.....	86
ÖZENDÜKTANS KATSAYISI.....	86
KARŞILIK ENDÜKTANS KATSAYISI	87
3.5 ELEKTROMANYETİK ENERJİ.....	89
4. ALTERNATİF AKIMLAR.....	91
4.1 ALTERNATİF BÜYÜKLÜKLER, ÖZELLİKLERİ VE FAZÖRLER	91
ALTERNATİF BÜYÜKLÜĞÜN ANLIK DEĞERİ.....	91
ALTERNATİF BÜYÜKLÜKLERİN ÖZELLİKLERİ	92
ETKİN DEĞER	95
FAZÖRLER VE FAZ FARKLARI.....	97
4.2 ALTERNATİF AKIMLI DEVREDE OHM DİRENCİ.....	100
AKTİF GÜÇ	101
4.3 ALTERNATİF AKIMLI DEVREDE İDEAL BOBİN.....	103

BOBİNİN REAKTİF GÜCÜ	104
4.4 ALTERNATİF AKIMLI DEVREDE İDEAL KONDANSATÖR	106
KONDANSATÖRÜN REAKTİF GÜCÜ	107
4.5 REZİSTÖR, BOBİN VE KONDANSATÖRÜN SERİ BAĞLANTISI	108
REZİSTÖR VE BOBİNİN SERİ BAĞLANTISI	108
REZİSTÖR VE KONDANSATÖRÜN SERİ BAĞLANTISI	111
REZİSTÖRÜN, BOBİNİN VE KONDANSATÖRÜN SERİ BAĞLANTISI	113
4.6 REZİSTÖRÜN, BOBİNİN VE KONDANSATÖRÜN PARALEL BAĞLANTISI.....	115
REZİSTÖRÜN VE BOBİNİN PARALEL BAĞLANTISI.....	115
REZİSTÖRÜN VE KONDANSATÖRÜN PARALEL BAĞLANTISI.....	118
REZİSTÖRÜN, BOBİNİN VE KONDANSATÖRÜN PARALEL BAĞLANTISI.....	120
GÜÇ ETKENİNİ DÜZELTMEK	121
Kaynakça.....	123
Elektriksek büyüklükler, işaretlenmeleri ve temel ölçü birimleri.....	124

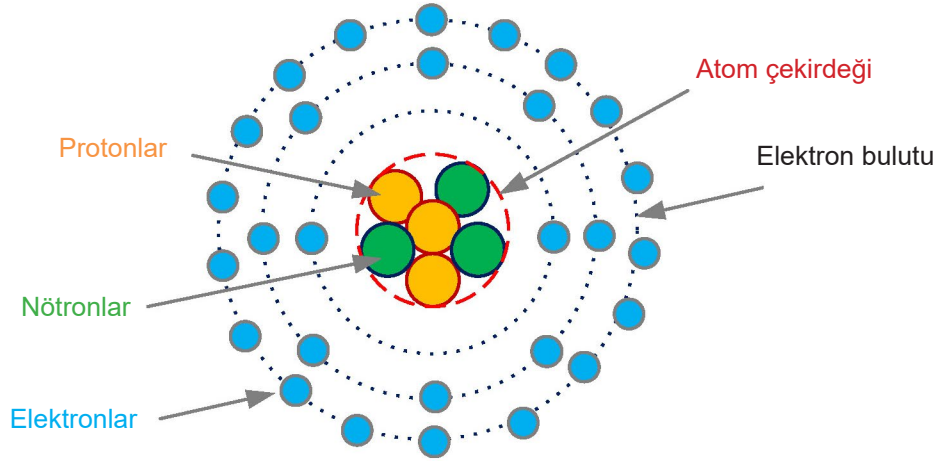
1. ELEKTROSTATİK

1.1 MADDENİN YAPISI

Daha önce belirttiğimiz gibi, elektrik hakkında ilk bilgiler belirli bir sıvının oluşmasıyla, yani bir cismin etrafında iki eşit sıvıyla bağlanmış. Bu bilgiler daha sonra, atomun yapısının bilinmesi, ya da iki elektriğin, pozitif ve negatif elektriğin varlığının bilinmesi sonucu olarak, bilimsel açıklama kazanmıştır.

Doğada her element veya bileşik atomdan ya da moleküllerde gruplanan atomlardan oluşuyor. Atom, maddenin yapılmış olduğu temel elemanı olarak kabul ediliyor. Felsefeci-bilim adamı Demokrit her maddenin küçük parçalara, bu parçalar daha küçük parçalara bölünebildiğini ve bu sürecin yok edilemez ve değiştirilemez en küçük **bölünmez** parçaya gelene kadar devam ettiğini düşünüyormuş. Bu en küçük parça bölünmez olduğu için, atom adını kazanmış. Atom kelimesinin anlamı, yunanca atomos kelimesinde geliyor ve bölünemez anlamına gelir.

Atomun, Niels Bohr tarafından açıklanan yapısı vardır. Bohr atom modeli bilgili insanlarına Güneş sistemine benzetiyormuş ve bu yüzden bu model atomun gezegen atom modeli adını taşımaktadır.



1.1 Atomun Bohr atom modeli (gezegen modeli)

Atomun yapısı iki bölümden oluşur:

- Atom çekirdeği
- Elektron bulutu

Atom çekirdeği Güneş sisteminin merkezinde bulunuyor, bizim yıldızımız olan Güneşin yerinde, elektron bulutu ise sistemimizdeki gezegenlerin Güneş etrafında döndükleri yörüngeleridir.

Atom çekirdeğinde iki temel parçacık bulunmaktadır, ortak adıyla nükleon olarak adlandırılan protonlar ve nötronlar. Nükleonları çekirdekte tutan kuvvetlere nükleer kuvvetler denir. Üçüncü temel tanecik elektronlardır ve onlar elektron bulutunda dizilmiş şekilde bulunmaktadır. Elektronların hareket ettikleri yollara yörünge denir.

Temel taneciklerin temel özellikleri

❖ Kütleye göre:

- Protonlar ve nötronlar yaklaşık eşit kütleyle sahiptir;
- Protonun kütlesi $1,672 \cdot 10^{-27}$ kg'dır;
- Nötronun kütlesi $1,674 \cdot 10^{-27}$ kg'dır;
- Elektronun kütlesi nükleonların kütesinden neredeyse 2000 kat daha küçüktür; tam olarak 1840 kat daha küçüktür ve $0,0009107 \cdot 10^{-27}$ kg'dır;
- Bir atomun neredeyse tüm kütlesi, atom çekirdeğindeki protonların ve nötronların sayısıyla belirtilir;

Temel taneciklerin elektrik yükü açısından

- Nötron elektrik yüklü değildir ve o nötr'dir
- Proton elektrik yüklüdür ve o pozitif yüklüdür;
- Elektron elektrik yüklüdür ve o negatif yüklüdür;
- Bir atomda elektron ve proton sayısı eşittir, bu yüzden atom yüklü değildir, yani nötr'dir.

Güneş sistemindeki gezegenler kendi yörüngeleri üzerinden hareket ederken, aynı zamanda kendi eksenleri etrafında da dönüyorlar. Elektronların aynı özelliği vardır, her elektron atom çekirdeği etrafında kendi yörüngesinde hareket ediyor ve aynı zamanda kendi eksenini etrafında dönüyor. Bu dönme elektron spini ya da dönüşü olarak adlandırılır.

Elektron bulutu elektron yörüngeleriyle dengeli olarak doldurulmamıştır ve onlar gruplara ayrılıyor. Birinci grup (atom çekirdeğine en yakındır) iki yörünge kapsamaktadır. İkinci grupta 8 yörünge vardır, üçüncü grupta 18 vs. Gruplar her zaman sırayla doldurulur, herhangi bir grubu atlatmadan bir gruptan sıradaki gruba doğru. Son doldurulmuş grup, yani bu gruptaki elektronlara **valans elektronları** denir. Valans elektronların sayısı malzemelerin elektrik özelliklerini belirliyor ve bu şekilde malzemeler elektroteknikte üç büyük gruba ayrılmaktadır: iletkenler, yarıiletkenler ve yalıtkanlar.

ELEKTRİK, ELEKTRİK ÖZELLİKLER VE ELEKTRİK YÜKLÜ CİSİMLER

Elektronlar negatif elektrik yükün taşıyıcıları, protonlar ise pozitif yükün taşıyıcılarıdır. Elektronda ve protonda eşit olan temel taneciklerin içerdiği elektrik miktarına, elektrik yükü denir. Bu elektrik miktarı doğada en küçüktür ve temel yük olarak adlandırılır. Her atomun eşit sayıda elektronları ve protonları vardır, yani eşit pozitif ve negatif elektrik miktarında sahiptir. Bu yüzden normal durumda atom elektronört taneciği tanımlamaktadır.

Atomlar, belirli koşullar etkisi altında kalınca (Thales tarafından dikkat edilen olay, bir kehribarın bezle ovulduğu gibi) elektronların ve protonların sayısı değişebilir ve o durumda pozitif ve negatif elektrik miktarları eşit değildir ve atomlar pozitif veya negatif elektrik yüklü oluyor. Böyle atomlara **iyon**, ya da pozitif ve negatif iyon denir.

Böyle iyonlar arasında kuvvetler vardır: farklı iyonlar arasında (farklı yüklü iyonlar) çekici kuvvetler oluşur, aynı iyonlar arasında ise kuvvetler iticidir.

Elektriklenmiş yüklü tanecikler arasında oluşan kuvvete **elektrostatik kuvvet** denir. Atom elektrostatik kuvvetlerin ve onda oluşan diğer kuvvetlerin etkisi yüzünden bir bütün tanımlamaktadır.

Yüklü tanecikler harekette buldukları zaman, onlar arasında **elektromanyetik kuvvetler** meydana gelir.

Elektroteknik, sadece iyonlar arasındaki (iki yüklü atom arasında) güçleri değil, iyon grubunun diğer böyle gruplara olan etkisini incelemektedir. Böyle bir iyon grubuna **elektriklenmiş cisim** denir.

Cisimlerin elektriklenmesi birçok yolla elde edilebilir:

- Sürtünme ile, farklı malzemeden iki cisim sürtüldüğü zaman, cisimlerin yüzeyindeki sıcaklık artar. Artan sıcaklık yüzünden, elektronları atom çerçevesinde tutan kuvvetler değişir. Bazı elektronlar atomlarda çekilmeyi başarır (atomlarda bu durumda protonların sayısı elektronların sayısından daha büyüktür ve pozitif iyon dönüşür) ve diğer malzemenin atomlarıyla bağlanır (bu atomlarda elektronların sayısı protonların sayısından daha büyüktür ve atomlar negatif iyon olur). Cisimler birbirinden ayrılınca, her ikisi elektriklenmiş (yüklü) kalır. Böyle bir örnek, kehribarın yün bezle ovulduğu zaman, veya balon saç kıllarına ovulduğu zamandır.
- Temasla

ELEKTRİK MİKTARI

ELEKTROSTATİK elektrotekniknin hareketsiz elektrik yüklerle, cisimlerde elektriğin dağılımı, yüklerin ve etraflarındaki alanda meydana gelen fiziksel süreçlerle karşılıklı etkilenmelerle ilgili olayları inceleyen bilim dalıdır.

Bir cismin yüklenme derecesini açıklamak için, en basit yolu elektriklenmiş taneciklerin sayısını ifade etmektir. Fakat bu sayı çok büyüktür ve pratik değildir. Bu yüzden, yükleme derecesi için, Q ile (bazan q ile) işaretlenen, **elektrik miktarı** büyüklüğü kullanılıyor, ölçü birimi ise C (Coulomb, Kulon)'dur.

Bir Coulomb, SI-sisteminin temel 7 ölçü birimiye ifade edilerek 1 saniye içinde 1 amper yükün akması olarak tanımlanır. Coulomb, aslında ampersaniyedir ($1C = 1A \cdot 1s$).

Doğada iki çeşit elektrik yükü vardır: protonları içeren pozitif yük, ve elektronları içeren negatif yük. Elektronların sayısında daha büyük sayıda proton içeren cisim pozitif yüklüdür, protonlardan daha büyük sayıda elektron içeren cisim ise negatif yüklüdür.

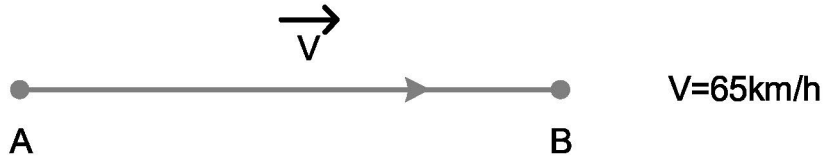
Elektronda ve protonda elektrik miktarı eşittir ve değeri şudur:

$$Q = 0,160206 \cdot 10^{-18} [C]$$

1.2 COULOMB YASASI

SKALER, VEKTÖREL BÜYÜKLÜKLER VE ÖRNEKLER

Elektrik olayları skaler (sayısal) ve vektörel fiziksel büyüklükleriyle yazılmaktadır. Skaler büyüklük, sadece sayısal değeriyle ifade edilen fiziksel olaydır, örneğin bir cismin kütlesi 200 g'dır, bir olayın süresi 4 s'dir, hava sıcaklığı 23°C'dir ve benzeri. Vektörel büyüklük sayısal değeriyle karakterize edilir, ve sıkça onun için yoğunluk (şiddet) ifadesi de kullanılır, fakat aynı zamanda yönü ve doğrultusu var. Örneğin, hareket ettiğimiz hız 65 km/h 'dir, bu skaler büyüklüktür (yoğunluk), ancak bu hızın A noktasından B noktası yönünde olduğunu çizersek, o zaman \vec{V} hız vektörünü ifade etmiş olacağız.



1.2 Hızın vektörel ve skaler ifadesi

Büyüklükler genelde aşağıdaki şekilde işaretlenir:

- Büyük latin harfleriyle, gözelenme sırasında değişen büyüklükler işaretlenir;
- Küçük latin harfleriyle zamana bağlı olarak değişen büyüklükler işaretlenir;
- Malzemelerin bazı özellikleri Yunan harfleriyle işaretlenir;
- Vektörel büyüklükler, büyüklük üzerinde ok'la işaretlenir.

Günlük yaşamda, büyüklüklerin çoğu, ölçü biriminden daha küçük veya daha büyüktür. Onlarla çalışmanın kolaylaştırılması için, fiziksel büyüklüklerin temel ölçü biriminden daha büyük/daha küçük değerlerini ifade eden örnekler kullanılıyor. Temelde, bununla ifade edilen büyüklüğün matematiksel yazılışında bulunan sıfırların sayısı azalıyor. Örneğin, 2 km, aslında 2000 metre tanımladığını biliyorsunuz; veya sabit disk için 2000000000000 B olduğunu söylemeniz pratik değildir, bunun yerine daha pratik olan 2 TB işaretini kullanıyorsunuz.

Daha büyük/daha küçük değerleri ifade etmek için örnekler tablosu

	Büyüklük	İşaret	Önek
Daha büyük	$1000000000000 = 10^{12}$	T	Tera
	$1000000000 = 10^9$	G	Giga
	$1000000 = 10^6$	M	Mega
	$1000 = 10^3$	K	Kilo
Temel	$1 = 10^0$	/	
Daha küçük	$0,001 = 10^{-3}$	m	Mili
	$0,000001 = 10^{-6}$	μ	Mikro
	$0,000000001 = 10^{-9}$	n	Nano
	$0,000000000001 = 10^{-12}$	p	Piko

ELEKTROSTATİK KUVVET – COULOMB YASASI

İki elektrik yüklü ve duraklama halinde olan iki cisim arasında, elektrostatik kuvvet etkiliyor.

Bu olayı Fransız bilim adamı Coulomb (Kulon) inceliyormuş. O deneysel yoluyla, ölçmeye, yüklerin arasındaki uzaklığın artmasıyla, aralarındaki kuvvetin yoğunluğunun azaldığını, cisimlerin yüklerinin artmasıyla ise aralarındaki kuvvetin yoğunluğunun arttığını dikkat etmiş. Kuvvet, hesaplamalarda sürekli olarak ortaya çıkan bir büyüklük de içeriyormuş. Bu büyüklük orantılık sabitidir, ve onun değerini Coulomb deneysel olarak ölçmeyle belirlemiş. Bu elektrostatik kuvvetinin yoğunluğu, onun skaler büyüklüğü, bunu inceleyen bilim adamın şerefine **Coulomb yasası** adını almış ve aşağıdaki şekilde ifade edilir

$$F = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2} [N] \quad (1.1)$$

F [N - Newton] – İki elektrik yüklü cisim arasındaki elektrostatik kuvveti

Q_1, Q_2 [C – Coulomb] – iki cismin elektrikle yüklendiği elektrik miktarı

r [m - metre] – iki yüklü cisim arasındaki uzaklık

K $\left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$ – orantılık sabiti, ve değeri şudur:

$$K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$$

K sabitinin aşağıda verilen matematik ifadesi de var:

$$K = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$$

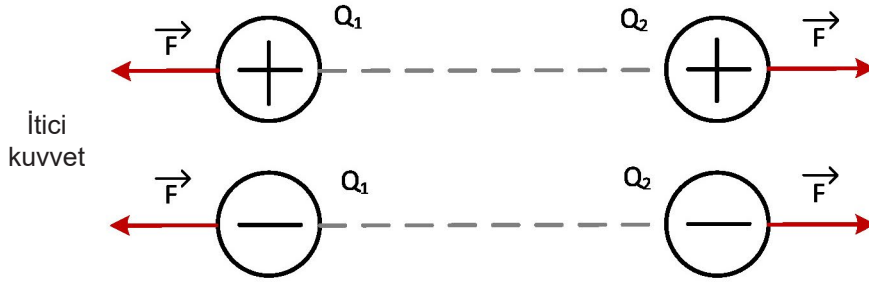
ϵ_0 **vakumun dielektrik sabiti**'dir. Hava için de aynı olan değeri şudur:

$$\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36 \cdot \pi} = 8,8419413 \cdot 10^{-12} \approx 8,84 \cdot 10^{-12} \left[\frac{F}{m} \right]$$

Coulomb yasası şu şekilde de ifade edilebilir: İki noktasal yükün arasındaki elektrostatik kuvvet yüklerin elektrik miktarıyla doğru orantılı, aralarındaki uzaklığın karesiyle ise ters orantılıdır.

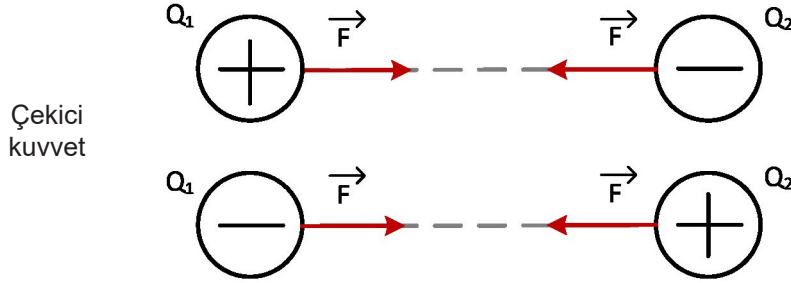
Elektrostatik kuvvetin, her kuvvetin olduğu gibi, kuvvetin çekici veya itici kuvvet olduğunu ifade eden vektörel büyüklüğü de var. Eğer yüklü cisimlerin çok küçük boyutları varsa ve boyutları aralarındaki uzaklıktan çok daha küçükse, bu cisimler için **noktasal yük** ifadesi kullanılır.

İki aynı elektriklenmiş noktasal yük arasındaki elektrostatik kuvvet **İTİCİDİR**:



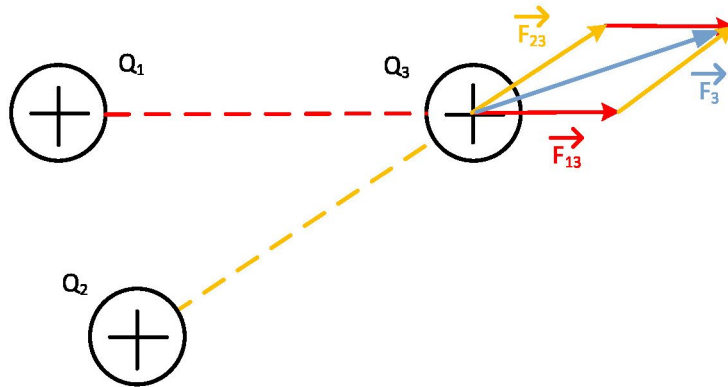
1.3. Noktasal yükler arasında itici kuvvet

İki farklı elektriklenmiş noktasal yük arasındaki elektrostatik kuvvet, şekilde gösterilmiş olduğu gibi **ÇEKİCİDİR**:



1.4 Noktasal yükler arasında çekici kuvvet

Elektrostatik kuvvet F , Q_1 ve Q_2 yüklerini birleştiren çizgiyle çakışan bir yöne sahiptir ve doğrultusu, kuvvetin doğasına itici veya çekici olmasına bağlı olarak, sol veya sağdır. Birden fazla yükün oluşturduğu Coulomb kuvveti, elektrostatik kuvvetin bireysel vektörlerinin vektör toplamıdır. Şöyle ki $\vec{F} = \vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$. Örneğin, üç noktasal yük için, üçüncü yük Q_3 'e etkileyen kuvvet aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:



1.5. Üç yük arasındaki kuvvetin vektör gösterimi

Alıştırma ÖDEVLERİ:

1. 10 nC ve 20 nC elektrik miktarına sahip, aynı elektriklenmiş (her ikisi de pozitif elektriklenmiş) birbirinden 10 cm uzaklıkta iki noktasal yük arasındaki elektrostatik kuvvetin şiddetini ve vektörünü belirleyin.

Çözüm:

Her ödevin başında, her büyüklük **ilk önce** temel ölçü birimine dönüşmelidir:

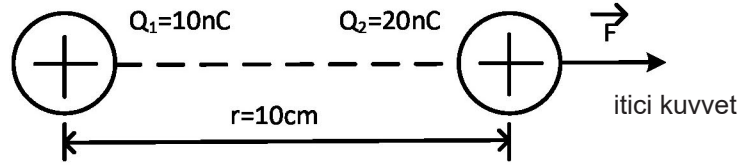
$$Q_1 = 10nC = 10 \cdot 10^{-9}C$$

$$Q_2 = 20nC = 20 \cdot 10^{-9}C$$

$$r = 10cm = 0,1m$$

$$F = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 20 \cdot 10^{-9}}{(0,1)^2} = 0,00018N = 180\mu N$$

Cevap:



/Kuvvetin şiddeti 180[μN] olup, kuvvet iticidir/

2. 4μC ve 5μC ile elektriklemiş iki noktasal elektrik yük, birbirinden 2 dm uzaklıkta yerleştirilmiştir. Yoğunluğu hesaplayın ve bu iki yük arasında ne tür kuvvetin etkilediğini cevaplayın.

/F = 4,5 [N]; kuvvet iticidir/

3. Birbirinden 5mm uzaklıkta, farklı işaretli 0,025μC değerinde eşit elektrik miktarına sahip iki elektriklenmiş noktasal yük yerletirilmiştir.Yoğunluğu ve aralarında etkileyen elektrostatik kuvvetin türünü belirleyin.

/ F = 225 [mN]; kuvvet çekicidir/

4. İki noktasal yük 0,4 nC ve 0,6 nC ile eletriklenmiştir ve aralarında 0,6 μN değerinde kuvvet etkiliyor. Yüklerin yerleşmiş olduğu uzaklığı belirleyin.

/r² = 0,036; r = 0,06 m = 6[cm]/

5. 6μC eşit elektrik miktarıyla elektriklenmiş iki noktasal yük arasındaki etkileyen elektrostatik güç 400 mN değerindedir. Yüklerin yerleşmiş olduğu uzaklığı hesaplayın.

/ r = 0,9 m = 9 [dm]/

6. Eşit elektrik miktarına sahip olan iki noktasal yük, birbirine 8 cm uzaklıkta yerleşmiş ve aralarına etkileyen kuvvet 0,36 mN yoğunluğundadır. Yüklerin elektrikleşmiş olduğu elektrik miktarı belirlensin.

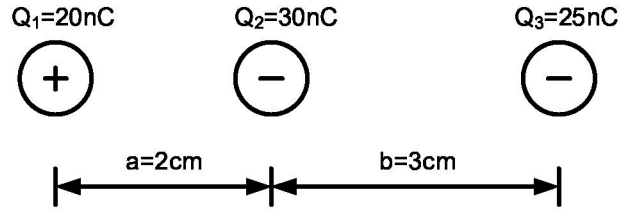
$$|Q_1 = Q_2 = 0,000000016C = 16[nC]/$$

7. İki yük arasındaki elektrostatik kuvvet 4N değerindedir. Onlar birbirine 3mm uzaklıkta yerleşmişler, birinci yük 100 nC elektrik miktarıyla elektrikleşmiştir. İkinci yükün elektrikleşmiş olduğu elektrik miktarı belirlensin.

$$|Q_2 = 0,00000004C = 40[nC]/$$

8. Üç noktasal yük şekilde gösterilmiş olduğu gibi yerleştirilmiş. Aşağıdaki yüklere etkileyen elektrostatik kuvvetin yoğunluğunu ve vektörünü hesaplayın:

- a. Q_2 yükü
b. Q_3 yükü

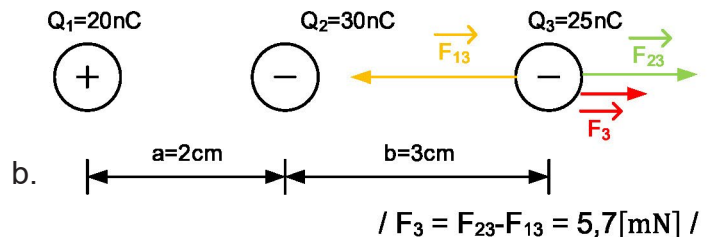
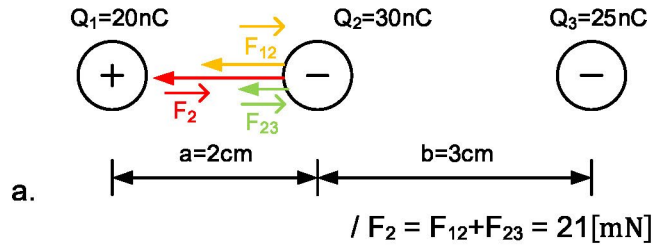


Metnin basitleştirilmesi için, elektrik miktarının işaretinin sıkça şekilde verilmiş olduğunu görebileceksiniz. Onlar hesaplamalarda göz önüne alınmaz, fakat çizimde vektör yönünde eklenmelidir.

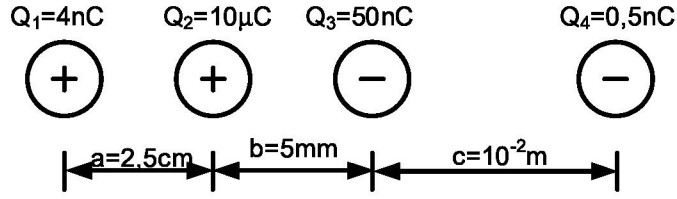
$$F_{12} = F_{21} = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 20 \cdot 10^{-9} \cdot 30 \cdot 10^{-9}}{(0,02)^2} = 0,0135N = 13,5mN$$

$$F_{32} = F_{23} = \frac{K \cdot Q_3 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 25 \cdot 10^{-9} \cdot 30 \cdot 10^{-9}}{(0,03)^2} = 0,0075N = 7,5mN$$

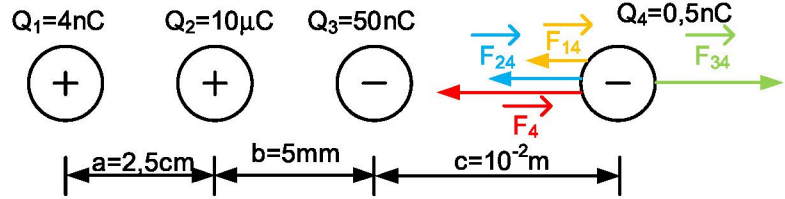
$$F_{13} = F_{31} = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_3}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 20 \cdot 10^{-9} \cdot 25 \cdot 10^{-9}}{(0,02 + 0,03)^2} = 0,0018N = 1,8mN$$



9. Q_4 yüküne etkileyen elektrostatik kuvvet nekadardır ve nasıl yönlendirilmiştir



/Çözüm:



$$F_{14} = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_4}{r^2} = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_4}{(a + b + c)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-9} \cdot 0,5 \cdot 10^{-9}}{(0,04)^2} = 0,00001125\text{N} = 11,25\mu\text{N}$$

$$F_{24} = \frac{K \cdot Q_2 \cdot Q_4}{r^2} = \frac{K \cdot Q_2 \cdot Q_4}{(b + c)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 0,5 \cdot 10^{-9}}{(0,015)^2} = 0,0002\text{N} = 200\mu\text{N}$$

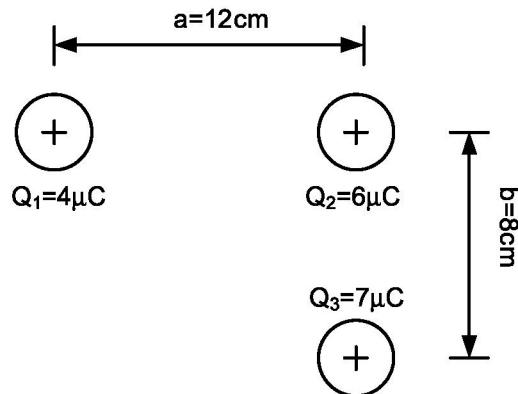
$$F_{34} = \frac{K \cdot Q_3 \cdot Q_4}{r^2} = \frac{K \cdot Q_3 \cdot Q_4}{(c)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 0,5 \cdot 10^{-9}}{(0,01)^2} = 0,000225\text{N} = 225\mu\text{N}$$

$$F_4 = F_{14} + F_{24} - F_{34} = 11,25 + 200 - 225 = -13,75 \mu\text{N}$$

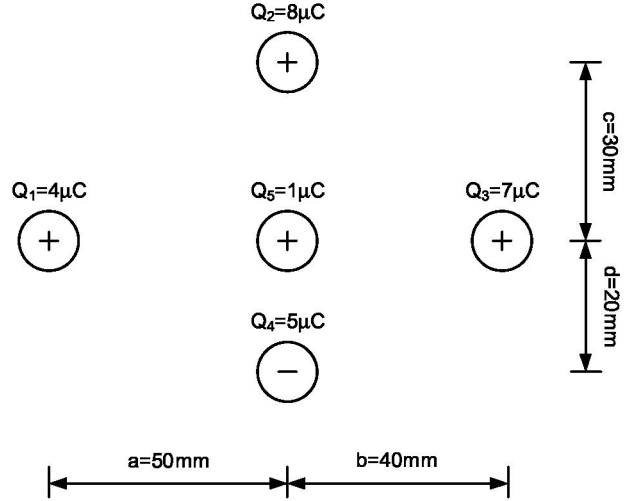
Eksi işareti, F_4 kuvvetinin yönü sola olacağı tahminimizin sonucu olarak elde edilmiştir. Sağ yön tahmin etseydik, F_4 için aynı değeri elde edecektik, fakat işareti artı olacaktı,

$$F_4 = 13,75[\mu\text{N}] /$$

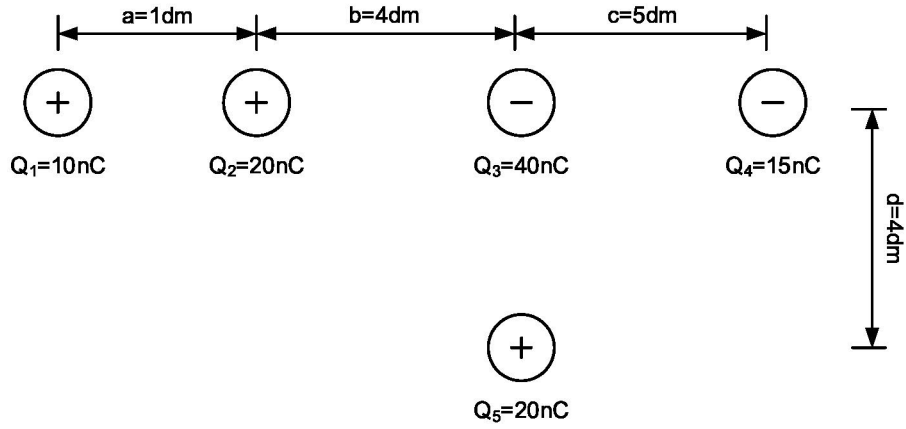
10. Q_2 yükünde etkileyen kuvvetin yoğunluğu ve yönü belirlensin.



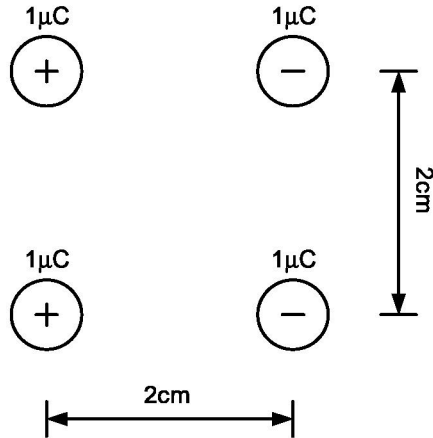
11. Q_5 yüküne etkileyen elektrostatik kuvvet nekadardır ve nasıl yöneliktir.



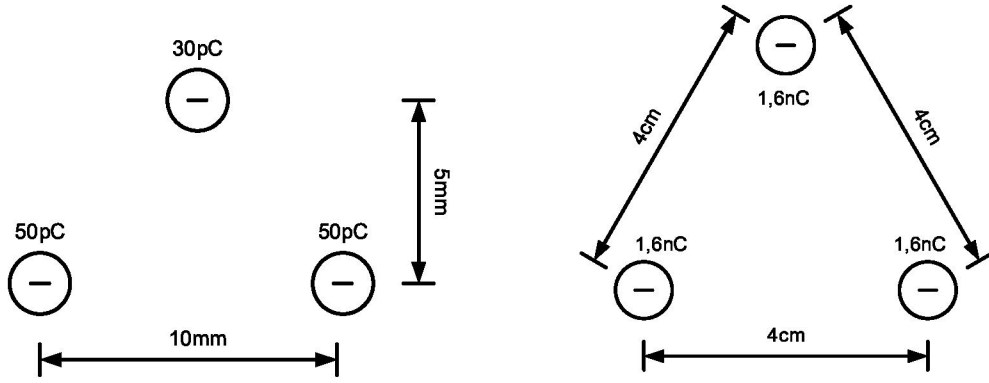
12. Q_3 yükünde etkileyen kuvvetin yoğunluğu ve yönü belirlensin.



13. Yüklerin herbiri için etkileyen elektrostatik kuvvetinin vektörünü belirleyin.



14. Üçgenin tepesindeki yük üzerine etkileyen elektrostatik kuvvetinin vektörü belirlensin.



15. Yarıçapı 1.5 dm olan küre, 27 μC elektrik miktarıyla elektriklenmiştir. Kürenin yüzeyinden, 1,2 dm uzaklıkta, 6 nC elektrik miktarıyla elektriklenmiş noktasal yük bulunmaktadır. Kürenin yük'e etkilediği elektrostatik kuvvet belirlensin.

$$|F = 0,02 [N] = 20 [mN]|$$

1.3 ELEKTROSTATİK ALANI VE DİELEKTRİK SABİTİ

ELEKTROSTATİK ALANI VE ONUN ÖZELLİKLERİ

Elektrikliğin elektriklenmiş cismin etrafında bulunan gaz, yani sıvı olduğu ve meydana geldiği olayların bu sıvıyla dolmuş alanda etkilediği birinci yorumlarıyla, felsefeciler-bilim adamları, aslında elektrik alanını açıklamışlar. Modern yorumlama, elektriklenmiş cismin etrafındaki

özelliklerin değiştiği yönündedir. Bu durum, bu alanda başka bir elektriklenmiş cismin girdiğinde meydana gelen elektrostatik kuvvetin meydana gelmesiyle dikkat edilir. Her elektriklenmiş cismin etrafında **elektrik alanı** bulunmaktadır. Bunun tersi de geçerlidir, elektrik alanın var olduğu alanda, buna bazı elektriklenmiş cisim neden olmuş. Elektriklenmiş cisim hareketsiz olunca, bu alana **ELEKTROSTATİK ALANI** denir.

Q elektrik miktarıyla elektriklenmiş, E elektrostatik alanında yerleştirilmiş elektrik yük'e, F elektrostatik kuvvetin etkilediği tanımlaması, matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$\mathbf{F} = \mathbf{E} \cdot \mathbf{Q} [N] \quad (1.2)$$

Bu demek ki ifade Q yükünün bulunduğu noktadaki elektrostatik alanı için karakteristiktir.

$$E = \frac{F}{Q} \left[\frac{V}{m} \right]$$

Bu ifadeye göre elektrostatik alanının yoğunluğu hesaplanır, yönü ve doğrultusu ise, o yükün pozitif elektriklenmiş Q yüküne etkilediği elektrostatik kuvvetinin yönüne ve doğrultusuna uyumludur. Buradan, elektrostatik kuvvetin F ve elektrostatik alanı E eş doğrusal oldukları (aynı yönleri ve doğrultuları vardır) sonucuna varılabilir.

Q elektrik miktarıyla elektrikleşmiş noktasal yükün elektrostatik alanının şiddetinin hesaplanması yapılsın. Bu yük, r uzaklıkta olan başka bir Q_1 yüküne F elektrostatik kuvvetiyle etkiliyor. Elektrostatik kuvvetinin (Coulomb kuvvetinin) yoğunluğu aşağıdaki ifadeyle tanımlanmaktadır:

$$F = \frac{K \cdot Q \cdot Q_1}{r^2} [N],$$

Buradan, elektrostatik alan yoğunluğunun hesaplanması şu şekilde olacaktır:

$$E = \frac{F}{Q_1} = \frac{K \cdot Q \cdot Q_1}{r^2 \cdot Q_1}$$

Elektrostatik alanı için (1.3) ifadesi elde ediliyor:

$$E = \frac{K \cdot Q}{r^2} \left[\frac{V}{m} \right] \quad (1.3)$$

$E \left[\frac{V}{m} \right]$ – noktasal yükün elektrostatik alanı

$Q [C]$ – noktasal yükün elektriklenmiş olduğu elektrik miktarı

$r [m]$ – elektrostatik alanının belirlediğimiz uzaklık

Elektrostatik alanı vektörünün yönü ve doğrultusu, aynı noktada hayali bir pozitif yükün verilen noktasında etkileceği Coulomb kuvveti vektörünün yönü ve doğrultusuyla çakışır ve aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:



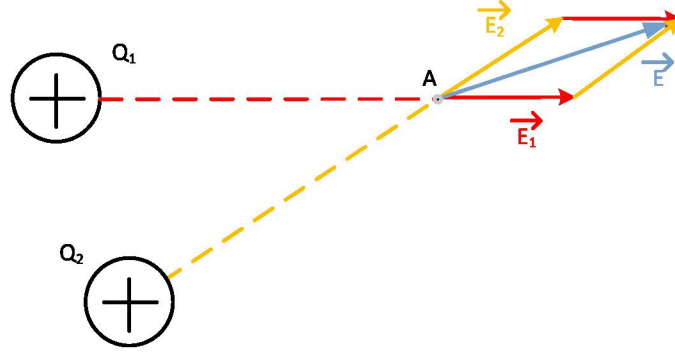
1.6.1 Pozitif elektriklenmiş yükün elektrostatik alanı



1.6.2 Negatif elektriklenmiş yükün elektrostatik alanı

İki veya fazla elektrik yükün etkisi olduğu zaman, toplam alanın vektörü, her bir elektrostatik alanın vektörünün ayrı ayrı vektör toplamıdır.

Bu prensip süperpozisyon olarak bilinmektedir. İki yükün etkisine ilişkin basit bir örnek, aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:



1.7 İki elektriklenmiş yükün elektrostatik alanının yönü; $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Metal top (küre) söz konusu olunca, onun için kürenin içinde elektrostatik alanın yoğunluğu 0 olduğu ($0 \left[\frac{V}{m} \right]$), etrafındaki alanda ise, kürenin merkezinde bulunan, kürenin gibi aynı elektrik miktarıyla elektriklenmiş noktasal yükü alanının aynı yoğunluğu olacağı geçerlidir, uzaklık ise kürenin merkezinden ölçülüyor.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

16. 40 nC elektrik miktarıyla elektriklenmiş ve 8 mN elektrostatik kuvvetin etkilediği elektrik yük üzerine etkileyen elektrostatik alanının yoğunluğu belirlensin.

$$/ E = 200000 \frac{V}{m} = 200 \left[\frac{KV}{m} \right] /$$

17. 50 mC elektrik miktarıyla elektriklenmiş ve $100 \left[\frac{V}{m} \right]$ yoğunluğa sahip olan elektrostatik alanında bulunan elektrik yüküne etkileyen elektrostatik kuvvetinin yoğunluğu hesaplınsın.

$$/ F = 5[N] /$$

18. $Q = 75$ nC ile elektriklenmiş noktasal yükün elektrostatik alanının, noktasal yükten 2,5 dm uzaklıkta sahip olduğu yoğunluğu belirlensin.

$$/ E = 10800 \frac{V}{m} = 10,8 \left[\frac{KV}{m} \right] /$$

19. $Q = 5$ nC ile elektriklenmiş yükün elektrostatik alanının 3 cm uzaklıkta sahip olduğu yoğunluğu belirleyin.

$$/ E = 50000 \frac{V}{m} = 50 \left[\frac{KV}{m} \right] /$$

$$100 \frac{V}{m},$$

20. Noktasal yükten oluşmuş elektrostatik alanının, 3 cm uzaklıkta etkilediği yoğunluk $100 \left[\frac{V}{m} \right]$ 'dir, Noktasal yükün elektriklenmiş olduğu elektrik miktarı hesaplınsın.

$$/ Q = 1 \cdot 10^{-11} = 10 \cdot 10^{-12} = 10[pC] /$$

21. $300 \mu\text{C}$ elektrik miktarına sahip noktasal yükün $27 \left[\frac{\text{KV}}{\text{m}} \right]$ yoğunluğunda elektros-
tatik alanın oluşturduğu uzaklığı hesaplayın.

$$/ r^2 = 100; r = 10[\text{m}] /$$

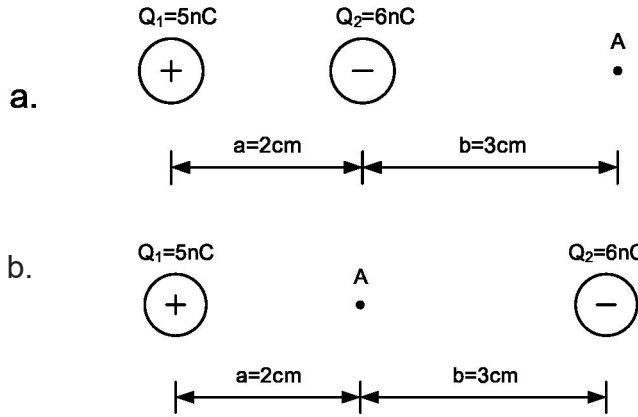
22. Yarıçapı 1 dm olan küre 40 nC elektrik miktarıyla elektrikleştirilmiştir. Elektros-
tatik alanının şu uzaklıklarda yoğunluğu belirlensin:

- Kürenin merkezinden 4 dm
- Kürenin yüzeyinden 4 dm

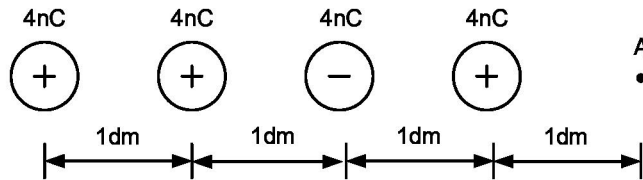
$$/ \text{a. } E = 2,25 \left[\frac{\text{KV}}{\text{m}} \right] /$$

$$\text{b. } E = 1,44 \left[\frac{\text{KV}}{\text{m}} \right] /$$

23. İki noktasal yük aşağıdaki şekilde gösterilmiş olduğu gibi yerleştirilmiş. Her iki
durumda A noktasında elektros-
tatik alanın yoğunluğu belirlensin ve vektörü çizilsin.

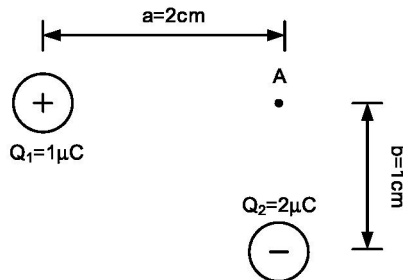


24. Dört noktasal yük, şekilde gösterilmiş olduğu gibi yerleştirilmiş:



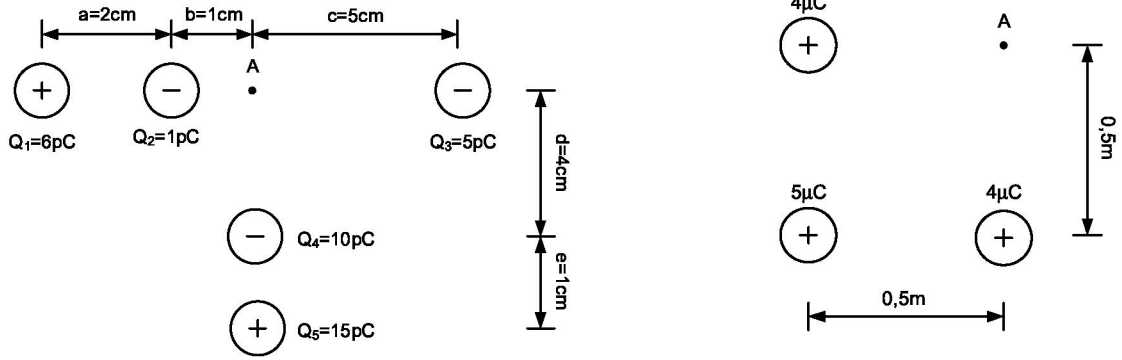
A noktasındaki elektros-
tatik alanı belirlensin (yoğunluğu ve vektörü)

25. Katetleri 2 cm ve 1 cm olan dik-
açılı üçgenin uçlarında, $1 \mu\text{C}$ ve $2 \mu\text{C}$ ile elektrikleştirilmiş iki noktasal yük, aşağıdaki şekilde gösterilmiş olduğu gibi yerleştirilmiştir:
(слика)

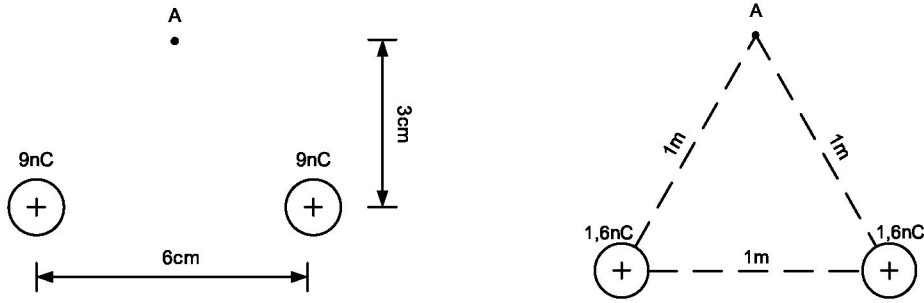


A noktasındaki elektros-
tatik alanının vektörü ve yoğunluğu belirlensin.

26. Aşağıdaki şekillerde gösterilen her sistem için A noktasındaki elektrostatik alanının yoğunluğu ve vektörü belirlensin. *Pisagor teoremini uygulayarak çözülür.*



27. Aşağıdaki şekillerde gösterilen her sistem için A noktasındaki elektrostatik alanının yoğunluğu ve vektörü belirlensin. *Benzer üçgenler uygulayarak çözülür.*



BÜYÜK DÜZ LEVHANIN ELEKTROSTATİK ALANI

Büyük bir düz levhanın elektrostatik alanın tanımlandığında, levhayı oluşturan noktalar kümesi olarak düşünülmelidir. Her nokta bir noktasal yük tanımlamaktadır. Levhanın elektrostatik alanının yoğunluğu her noktasal yükün alanının süperpozisyonudur. Tabii ki, bu eşilde hesaplama çok karmaşıktır, fakat sonucu şudur:

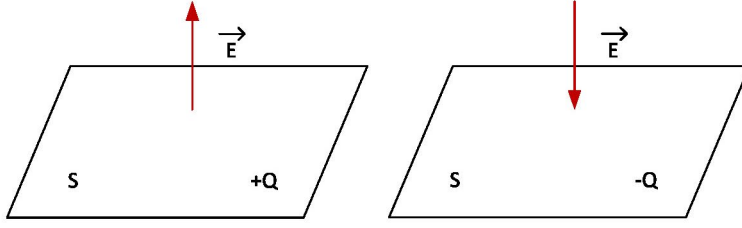
$$E = \frac{Q}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot s} \left[\frac{V}{m} \right] \quad (1.4)$$

$E \left[\frac{V}{m} \right]$ – düz levhanın elektrostatik alanı

$Q [C]$ – levhanın elektriklenmiş olduğu elektrik miktarı

$s [m^2]$ –levhanın alanı

Elektrostatik alan vektörünün doğrultusu levhaya diktir, yönü ise noktasal yüklerin yönü olduğu gibidir, yani pozitif elektriklenmiş levha için levhadan dışarıya doğrudur, negatif elektriklenmiş levha için dışarıdan levhaya doğrudur.

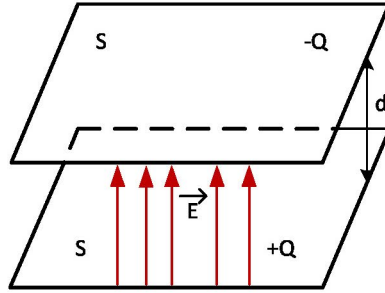


1.8 Düz levhanın elektostatik alanı

Karakteristik bir durum, eşit s alanları olan, birbirine yakın d mesafesinde yerleşmiş, eşit Q elektrik miktarıyla elektriklenmiş, fakat ters işaretli iki levha arasındaki elektostatik alanı'dır. Böyle durumda elektostatik alan şöyledir:

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot s} \left[\frac{V}{m} \right] \quad (1.5)$$

Elektostatik alanının vektörünün doğrultusu ve yönü aşağıdaki şekilde gibidir:



1.9 İki paralel levha arasındaki elektostatik alanı

Bir veya iki levhanın elektostatik alanının yoğunluğu, onların etrafındaki köşelere yakın olmadığı bölgelerinin her yerinde eşittir. Böyle alan için homojen alanı olduğunu diyoruz. **Homojen alan** kuvvet vektörünün her noktada eşit yoğunluğa, doğrultuya ve yöne sahip olduğu alandır.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

28. 250 nC elektrik miktarıyla elektriklenmiş ve alanı 2 dm² olan düz büyük levhanın elektostatik alanının yoğunluğu ne kadar olacağını hesaplayın.

$$/ E = 707014 \frac{V}{m} = 707,014 \frac{kV}{m} \approx 707 \left[\frac{kV}{m} \right] /$$

29. $Q = 0,2 \mu C$ elektrik miktarıyla elektriklenmiş düz levhanın alanı hesaplınsın, eğer levhanın oluşturduğu alanın kuvvetinin vektör yoğunluğu $E = 60 \left[\frac{kV}{m} \right]$ ise.

$$/ S = 0,189 [m^2] /$$

30. Birbirinden $d = 0,1$ mm uzaklıkta buluna iki düz levha, eşit fakat farklı işaretli elektrik miktarıyla elektriklenmiştir. Levhaların alanı $S = 50$ cm²'dir. İki levha arasındaki alanın kuvvet vektörünün yoğunluğu $E = 10 \left[\frac{kV}{m} \right]$ 'dir.

$$/ Q = 4,42 \cdot 10^{-10} [C] /$$

BAĞIL VE MUTLAK DİELEKTRİK SABİTİ

Coulomb yasasında K sabitini tanımlarken, ϵ_0 için kendisinde vakum özelliklerini içeren sabit olduğunu söylemiştik. Bir yük, levha etrafında veya iki levha arasındaki alanı başka bir malzemeyle (vakum yani hava olmayan) doldurursak, elektrostatik alanının değerinin, dolayısıyla Coulomb kuvvetinin azaldığını görebiliriz. Azalma derecesi ϵ_r ile işaretlenir, buna ise **bağıl dielektrik sabiti** denir ve bir malzemenin elektrostatik kuvvetinin vakumdaki elektrostatik kuvvetinden kaç kat daha az olduğunu gösteren boyutsuz bir sayıdır. Doğada tüm malzemelerin bağıl dielektrik sabiti 1'den daha büyüktür, hava için ise $\epsilon_r = 1,00059 \approx 1$ 'dir. Pratikte kullanımı daha yaygın olduğu bazı malzemelerin değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Bazı malzemelerin bağıl dielektrik sabitinin değerleri tablosu:

Malzeme	ϵ_r	Malzeme	ϵ_r
Bakalit	3,5 – 8,2	Polivinil klorür	3 – 4
Hava	1,00059	Porselen	4,5 – 6
Damıtık su	81,07	Preşpan	2,5 – 3,4
Kuvars	4,3 – 4,7	Lastik	2 – 35
Feldispat	4 – 8	Cam	2 ½ 16
Mikanit	4–6	Strafor	2,5
Buz	2–3	Transformatör yağı	2,2–2,5
Parafin	1,7–2,3	Teflon	2,1
Pertinaks	4,8–5,4	Kağıt	1,8–2,6
Plastik cam	2,6–3,4	Çelik	2,7–3,8

Vakumun yani havanın dielektrik sabatine uygun olarak, dielektriğin **mutlak dielektrik sabiti** de tanımlanır.

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \left[\frac{F}{m} \right] \quad (1.6)$$

Dielektrikte yerleşmiş noktasal yükte, Coulomb yasası şöyledir:

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r^2} [N]$$

Noktasal yükte elektrostatik alanı:

$$E = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r^2} \left[\frac{V}{m} \right]$$

Levhada elektrostatik alanı:

$$E = \frac{Q}{2 \cdot \epsilon \cdot s} \left[\frac{V}{m} \right]$$

İki levha arasında elektrostatik alanı:

$$E = \frac{Q}{\epsilon \cdot s} \left[\frac{V}{m} \right]$$

Bu alan sadece levhalar arasında bulunmaktadır, etraflarındaki alanda, elektrostatik alanının değeri sıfırdır, $(0 \left[\frac{V}{m} \right])$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

31. 250 nC elektrik miktarıyla elektriklenmiş, alanı 2 dm² ve havada yerleşmiş düz büyük levhanın, elektrostatik alanın yoğunluğu ne kadar olduğunu hesaplayın, Ardından levha bağıl dielektrik sabiti 2,3 olan yağda yerleşsin. Sonuçları karşılaştırın.

$$/ E_{\epsilon_0} = 706214 \left[\frac{V}{m} \right] = 706 \frac{KV}{m}, E_{\epsilon_r} = 307049 \left[\frac{V}{m} \right] = 307 \left[\frac{KV}{m} \right] /$$

32. 100 pC ile elektriklenmiş noktasal yük parafinde bulunuyor, bağıl dielektrik sabiti yükten 10 cm uzaklıkta $\epsilon_r = 2$ 'dir. Elektrostatik alanının kuvveti ne kadardır?

$$/ E=45 \left[\frac{V}{m} \right] /$$

33. Q = 50 nC ile elektriklenmiş, bağıl dielektrik sabiti $\epsilon_r = 20$ olan malzemede yerleşmiş noktasal yüke, hangi uzaklıkta $E = 3 \left[\frac{KV}{m} \right]$ kuvvetinde elektrostatik alanı etkileyecektir?

$$/ r = 0,086[m]=8,6[cm] /$$

34. İki paralel levha arasındaki elektrostatik alanının kuvveti $E = 10,5 \left[\frac{KV}{m} \right]$ 'dir. Levhalar Q=0,055 µC ile elektriklenmiştir ve aralarında bağıl dielektrik sabiti $\epsilon_r = 15$ olan malzeme koyulmuştur. s alanı hesaplansın.

$$/ s=0,035[m^2] /$$

35. Alanları s = 5dm² olan iki paralel levha arasında, $\epsilon_r = 7,5$ ile bakalit yerleştirilmiştir. Elektrostatik alanının kuvveti $E = 4 \left[\frac{KV}{m} \right]$ 'dir. Levhaların elektriklenmiş olduğu elektrik miktarı belirlensin.

$$/ Q=0,00000013[C]=13[nC] /$$

1.4 ELEKTRİK POTANSİYELİ, GERİLİMİ VE ENERJİSİ

ELEKTRİK POTANSİYELİ

Elektriklenmiş bir cisim etrafında elektrostatik alanı oluşturuyor. Eğer bir noktasal yük elektrostatik alanın etkilemeyeceği yeterli uzaklıkta bulunuyorsa, alanda getirmemiz için belirli bir iş yapmamız gerekiyor, çünkü ona etkileyecek elektrostatik kuvvetinin etkisini aşması gerekiyor. Demek ki, yükün başlangıç noktasına göre getirildiği noktada potansiyel enerjisi varmış. Bu potansiyel enerji yükün hareketlenmesinin gerçekleştirilmesi için gereken işe eşittir. Gerçekleştirilen iş, yükün hareket ettiği yola bağlı değildir. Buna göre, alanın bölgesindeki her nokta, başlangıç noktasına göre belirli miktarda potansiyel enerjiye sahip olduğu sonucuna varabiliriz. Gerçekleştirilen iş noktasal yükün elektriklenmesine, alanın kuvvetinde ve yükün başlangıç noktasına göre getirildiği noktanın uzaklığına bağlıdır, fakat noktalar arasındaki yola bağlı değildir. Başlangıç noktası referans noktası olarak adlandırılır ve küresel sistemler için en sıkça sonsuz olduğu alınıyor.

Fizikte, iş A harfi ile işaretlenir. Yükün girilmesi için aşılacak elektrostatik kuvvet yükün elektrik miktarına doğru orantılıdır, yani gerçekleştirilen iş:

$$A = Q \cdot \varphi, \text{ buna göre } \varphi = \frac{A}{Q} [V]$$

$\varphi [V]$ – gözlenen noktanın elektrik potansiyeli

$Q [C]$ – noktasal yükün elektriklenmiş olduğu elektrik miktarı

$A [J]$ – Yükün bir noktadan başka bir noktaya hareket etmesi için gerçekleşen iş

Elektrik potansiyeli bir noktada sayısal olarak, 1C pozitif yükün referans noktasından o noktaya kadar hareket için gerçekleşen işe eşittir.

Sonsuzlukta bulunan referans için sıfır potansiyeli olduğunu diyoruz.

Eğer bir pozitif elektiriklenmiş cisim varsa, o zaman onun alanındaki tüm noktalar referans noktasında göre **pozitif potansiyelindedir**, negatif elektriklenmiş cisimde ise elektrostatik alanından tüm noktalar referans noktasında göre **negatif potansiyelindedir**.

Verilen noktada **noktasal yükün elektrik potansiyeli** şudur:

$$\varphi = \frac{A}{Q} [V] \quad (1.7)$$

Gerçekleşen işin Coulomb kuvvetinin üstesinden gelmesi ve geçilen yola bağlı olduğunu biliyoruz:

$$A = F \cdot x = F \cdot [r - r(\infty)] = F \cdot r - F \cdot r(\infty) = F \cdot r [J]$$

Sonsuzluktaki noktanın sıfır potansiyeli olduğu söylemiştik.

Elektriklenmiş cisim noktasal yük olunca, onun için şu geçerlidir:

$$A = F \cdot r = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \cdot r = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r} [J]$$

Referans noktasından verilen noktaya doğru hareket ettiğimiz yükün Q_2 elektrik miktarı var, elektrik potansiyeli için ise aşağıdaki ifadeyi elde ediyoruz:

$$\varphi = \frac{A}{Q} = \frac{1}{Q_2} = \frac{Q}{Q_2} = \frac{\frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r}}{Q_2}$$

$$\varphi = \frac{K \cdot Q_1}{r} [V] \quad (1.8)$$

$\varphi [V]$ – gözlenen noktada elektrik potansiyeli

$r [m]$ – elektriklenmiş cisimden gözlenen noktaya kadar uzaklık

$Q_1 [C]$ – elektriklenmiş cismin (noktasal yük veya küre) elektrik miktarı

$A [J]$ – Q_2 yükünün referans noktasından elektriklenmiş cismin alanındaki Q_1 noktasına hareket etmesi için gerçekleşen iş

İki paralel ters elektriklenmiş levhalar arasında, negatif levhadan x uzaklığında bulunan noktada **elektrik potansiyeli** şudur:

$$\varphi = \frac{A}{Q} = \frac{F \cdot x}{Q} = \frac{(E \cdot Q) \cdot x}{Q} = E \cdot x = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot S} \cdot x [V]$$

Buradan, negatif levhasında aynı x uzaklıkta bulunan tüm noktaların aynı potansiyele sahip olduklarını elde ediyoruz.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

36. 10 nC elektrik miktarıyla elektriklenen noktasal yükün 3mm uzaklıkta bulunun noktada oluşturduğu elektrik potansiyelini hesaplayın.

$$/ E = 30000 = 30 \cdot 10^3 = 30 \left[\frac{KV}{m} \right] /$$

37. Noktasal yükün 4 cm uzaklıkta oluşturduğu elektrik potansiyel 9 V'dir. Noktasal yükün elektriklenmiş olduğu elektrik miktarı hesaplınsın.

$$/ Q = 4 \cdot 10^{-11} = 40 \cdot 10^{-12} = 40 [pC] /$$

38. 8 pC ile elektriklenmiş noktasal yükün hangi uzaklığında 40 mV elektrik potansiyeli vardır?

$$/ r = 1,8 [m] /$$

39. 0,6 cm yarıçaplı metal küre ne kadar elektrik miktarıyla elektriklenmiştir, eğer yüzeyindeki potansiyel 30 V ise?

$$|Q| = 2 \cdot 10^{-11} = 20 \cdot 10^{-12} = 20[\text{pC}] /$$

40. 5 mm yarıçaplı küre 20 pC ile elektriklenmiştir. Hangi uzaklıkta 20 V potansiyel oluştuğu hesaplınsın

- Kürenin merkezinden
- Kürenin yüzeyinden

$$/ \text{ a. } r = 9[\text{mm}]$$

$$\text{ b. } r = 9-5 = 4[\text{mm}] /$$

ELEKTRİK GERİLİMİ

Bir elektriklenmiş cismin elektrostatik alanı bölgesinde iki farklı noktanın φ_1 ve φ_2 elektrik potansiyelleri vardır. Onların farkıyla tanımlanan ifade şudur:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 [\text{V}] \quad (1.9)$$

U [V] – elektrik gerilimi, φ [V] – elektrik potansiyeli

Elektrostatik alanında iki nokta arasındaki **elektrik gerilimi**, pozitif elektrik yükün bir noktadan başka noktaya geçmesi için yapılan iş ile geçirilen yükün elektrik miktarının bölümüne eşittir.

Elektrik gerilimi olarak adlandırılan, iki noktanın elektrik potansiyelleri arasındaki fark, referans noktasından bağımsızdır. Yeryüzünde yatan tüm noktaların sıfır potansiyele sahip olduğu varsayılır; demek ki bu noktalar kümesine ait olmayan her noktanın, o noktanın ve yeryüzünün arasındaki gerilime eşit elektrik potansiyeli vardır.

İki paralel, ters elektriklenmiş levhalar arasındaki gerilim şudur:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_+ - \varphi_- [\text{V}]$$

φ_+ ve φ_- pozitif ve negatif levhaların potansiyelleridir.

$$\varphi_+ = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot S} \cdot x [\text{V}]$$

φ_+ için x mesafesi, pozitif levhadan negatif levhasında kadar uzaklıktır ve değeri d'dir, yani $x = d$. Negatif levhada x mesafesi sıfırdır; x bir noktadan negatif levhaya kadar uzaklıktır, buna göre $\varphi_- = 0$ [V]'tur.

$$U = \varphi_+ - \varphi_- = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot S} \cdot d - 0 = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot S} \cdot d = E \cdot d [\text{V}]$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

41. Elektrik potansiyelleri 17 V ve 13 V olan iki noktanın arasındaki gerilimin ne kadar olduğunu hesaplayın.

$$/ U = 17-13 = 4 [V] /$$

42. 40 nC ile elektriklenmiş noktasal yükten 3 cm ve 5 cm uzaklıkta olan iki noktanın arasındaki gerilim hesaplınsın.

$$/ U = 12000-7200 = 4800 [V] = 4,8 [KV] /$$

43. 0,02 m² alanlı, 50 pC eşit elektrik miktarıyla ters elektriklenmiş iki paralel levha, birbirine 4mm uzaklıkta yerleşmiştir. Levhalar arasındaki gerilim belirlensin.

$$/ U = 1,13[V] /$$

44. 2 mm uzaklıkta yerleşmiş olan iki paralel levha arasındaki gerilim 100 V'tur. Eğer alanları 6 cm² ise, levhaların elektriklenmiş olduğu elektrik miktarı hesaplınsın.

$$/ Q = 2,655 \cdot 10^{-10}[C] = 265,5 [pC] /$$

45. Alanları 0,01 m² olan iki paralel levha 80nC elektrik miktarıyla elektriklenmiştir. Onların arasında 50 KV gerilim vardır. Levhalar arasındaki uzaklık belirlensin.

$$/ d = 0,0525[m] = 5,25[cm] /$$

EŞ POTANSİYEL YÜZEYLER

Elektriklenmiş bir cisim etrafında elektrostatik alanı kuruluyor. Alandaki noktalar kendi elektrik potansiyeline sahiptir. Noktalar eşit yoğunlukla bağlanırsa, biçimi yüzey olacak noktalar kümesi oluşturacaklar. Bu yüzeye **eş potansiyel yüzeyi** denir. Başka bir deyişle, eş potansiyel yüzey, bir alanda eşit potansiyele sahip olan noktalardan oluşan yüzeydir.

Eş potansiyel yüzeylerin şu özellikleri vardır:

- Elektrostatik alanının vektörü eş potansiyel yüzeyine her zaman diktir;
- Elektrostatik alanının vektörünün yönü her zaman daha yüksek elektrik potansiyelden daha alçak elektrik potansiyele doğrudur;
- Alanın kuvveti daha büyük olduğu yerde, eş potansiyel yüzeylerin yoğunluğu da daha büyüktür.

Noktasal yük, veya küre etrafında eş potansiyel yüzeylerin küre şekli var, iki paralel levha arasındaki yüzeylerin ise levha şekli var ve levhalarla paraleldir.

ELEKTROSTATİK ALAN ENERJİSİ

İki paralel levhanın ters işaretli elektriklenmiş olduğu elektrik miktarına yüklemek denir. Levhaların elektriklenmesi için, levhaların arasında oluşan elektrostatik kuvvetini aşarak belli bir işin gerçekleşmesi gerekiyor. Bu iş, alanın potansiyel enerjisine dönüşüyor ve ona **elektrostatik alanının enerjisi**, ya da **elektrostatik enerjisi** denir.

Levhaların elektriklenmesi için gereken enerjinin hesaplanması birçok aşamaya ayrılıyor, ardından bu aşamalar nihai sonuca özetlenir, öyle ki bu hesaplamayı yapmak için matematik cihazı karmaşıktır. Elektrostatik enerjisi için hesaplanan sonuç şudur

$$W = \frac{Q \cdot U}{2} [J] \quad (1.10)$$

$W [J]$ – İki levha arasındaki elektrostatik alan enerjisi
 $Q [C]$ – Levhaların elektriklenmiş olduğu elektrik miktarı
 $U [V]$ – Levhalar arasındaki elektrik gerilimi

1.5 KONDANSATÖR

ELEKTRİK KONDANSATÖR

Kondansatör, karşılıklı yalıtılmış, ters işaretli eşit elektrik miktarıyla elektriklenmiş iki iletken cismi tanımlamaktadır. İletken cisimlerine kondansatör elektrotları da denir. Elektrotlardan biri +Q elektrik miktarıyla, diğeri ise –Q elektrik miktarıyla yükleniyor. Elektrotlar arasındaki gerilim U'dur. Deneysel olarak, elektrotlarda elektrik miktarının değişmesi, aralarındaki gerilime doğru orantılı etkilediği belirtilebilir. Bu, matematiksel olarak şu şekilde yazılır:

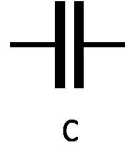
$Q = C \cdot U$, yani aşağıdaki ifade geçerlidir

$$C = \frac{Q}{U} [F] \quad (1.11)$$

$C [F]$ – kondansatör kapasitesi
 $Q [C]$ – elektrotlardaki elektrik miktarı
 $U [V]$ – elektrotlar arasındaki elektrik gerilimi

1 [F] kapasitesi çok büyük değerdir (Yeryüzünün $71 \cdot 10^{-5}$ [F] kapasitesi var). Pratikte bu değerler pF, nF veya μ F büyüklüğündedir.

Bir elektrik devrede kondansatörün tanımlandığı sembol şudur:



1.10 Kondansatör sembolü (C)

Sembol yanında C işareti de yazılır. Hangi kondansatör söz konusu olduğunu ve değeri ne kadar olduğunu daha kolay tanımlamak için C işaretinin sıkça endeksi de vardır.

Şimdiye kadar incelediğimiz iki elektriklenmiş büyük levha durumu, kondansatör tanımlamaktadır. Elektrotların biçimine göre, kondansatörler şöyle ayrılır:

- Plakasal
- Küresel
- Silindirik

KONDANASTÖR KAPASİTESİ

Q elektrik miktarı ile yüklenmiş plakasal kondansatörde kurulan elektrostatik alanı şudur:

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot s} \left[\frac{V}{m} \right]$$

Elektrotlar arasındaki gerilim:

$$U = E \cdot d = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot s} \cdot d [V]$$

Kondansatör kapasitesi için aşağıdaki ifade elde ediliyor:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{\frac{Q}{\epsilon_0 \cdot s} \cdot d} = \frac{Q}{\frac{Q \cdot d}{\epsilon_0 \cdot s}} = \frac{\epsilon_0 \cdot s}{d} [F]$$

Plakasal kondansatörün kapasitesi, elektrotların birbirine yalıtılmış malzemeye (malzemenin dielektrik sabitine) ve elektrotların alanına (s) doğru orantılı bağlıdır, plakaların birbirine uzaklığıyla (d) ise ters orantılı bağlıdır. Kondansatörün kapasitesi, elektrotların elektriklenmiş olduğu elektrik miktarına ve kondansatörün bağlanmış olduğu elektrik gerilimine bağlı değildir. Sadece elektrotların geometrik özelliklerine, yani elektrotların boyutlarına, aralarındaki uzaklığa ve kullanılan yalıtım malzemesine bağlıdır. Plakasal elektrotlar arasında yalıtım olarak başka bir malzeme kullanılırsa (hava, yani vakum olmasın), o zaman kondansatörün kapasitesi, aşağıda gibi olacaktır:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{d} [F] \quad (1.12)$$

$C [F]$ – kondansatör kapasitesi

$\epsilon_0 \left[\frac{F}{m} \right]$ – dielektrik sabiti

ϵ_r – bağıl dielektrik sabiti, hava ve vakum için 1'dir

$S [m^2]$ – elektrotların alanı (kondansatör plakaları)

$d [m]$ – elektrotlar arasındaki mesafe (kondansatör plakaları)

Plakalar arasında kondansatör elektrotlarının yalıtım malzemesi ne olduğu vurlgulanmıyorsa, hava olduğu varsayılır .

Alıştırma ÖDEVLERİ:

46. Plakaların alanı $0,2 \text{ m}^2$, plakaların 4 mm uzaklıkla havada yerleşmiş bir kondansatörün kapasitesi ne kadar olduğunu hesaplayın.

$$/ C = 4,42 \cdot 10^{-10} F = 442 \cdot 10^{-12} F = 442 [pF] /$$

Aynı kondansatör için, yalıtım olarak teflon ($\epsilon_r = 2,1$) kullanılırsa, kondansatörün kapasitesi hesplansın. Elde edilen sonuç tartışsın.

$$/ C = 9,28 \text{ pF}, \text{yalıtım olarak hava olmayan malzeme kullanılırsa kapasite artıyor/}$$

47. Plakasal bir kondansatörün kapasitesi 30 pF , plakaların alanı ise 4 dm^2 'dir. Plakalar 24 nC elektrik miktarıyla elektriklenmişse, plakaların ne kadar uzaklıkta olduğu belirlensin. Bağlanan gerilimin değeri belirlensin.

$$/ d = 0,01179 \text{ m} \approx 0,012 \text{ m} = 12 [mm]; U = 800 [V] /$$

48. Elektrotları 3 mm uzaklıkta olan plakasal bir kondansatörün 180 nC 'luk kapasitesi, elektrotlarda 80 nC yükleme korumaktadır. Plakaların alanı, aralarındaki gerilim ve elektrostatik alanı belirlensin.

$$/ s = 62 [m^2]; U = 0,44 [V]; E = 148 \left[\frac{V}{m} \right] /$$

49. Plakasal kondansatörde elektrotlar arasındaki elektrostatik alanı $50 \frac{V}{m}$, elektrik miktarı 15 nC , gerilimi ise 90 V 'tur. Kondansatörün kapasitesi, onun geometrik özellikleri (plakaların alanı ve aralarındaki mesafe) ve geliştireceği enerji belirlensin.

$$/ s = 0,034 [m^2]; C = 167 [pF]; d = 1,8 [mm]; W = 675 [J] /$$

50. 40 V elektrik gerilime bağlanmış, elektrik enerjisi ise $100 \mu\text{J}$ ise, plakalar 4 mm uzaklıkta olunca, plakasal kondansatörde elektrotlarının alanı ne kadar olmalıdır?

$$/ s = 57 [m^2] /$$

KONDANSATÖR TÜRLERİ

Kondansatörler iki büyük gruba ayrılır

1. Sürekli
2. Değişken

1. Sürekli kondansatörler biçimine göre şunlara ayrılır:

- **Silindrik** – Bu kondansatörler, aralarında yalıtım folyosu bulunan metal folyolardan yapılan plakasal kondansatörlerdir. Folyonun alanı s 'yi tanımlıyor; folyolar arasındaki mesafe, yani yalıtım folyonun kalınlığı birkaç onluk mm değerindedir ve d 'yi tanımlıyor, yalıtım folyonun türünü ise ϵ_r belirliyor, ve $C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot s}{d}$ [F] formülüyle kondansatörün kapasitesi hesaplanıyor. Bu şekilde elde edilen plakasal kondansatör ondan sonra silindir şeklinde sarılıyor ve bu yüzden kendi ismini kazanmış.
- **Plakasal** – Silindrik kondansatörleri gibi benzer şekilde yapılırlar. Yalıtım genellikle liskün veya camdır, silindir kondansatörlerinden daha küçük kapasiteye sahiptir ve yapılışın son aşamasında sarılmıyorlar ve bu yüzden plaka şeklinde kalıyorlar;
- **Disk** – ϵ_r değeri çok yüksek olan seramikten yalıtımları vardır, yapılış biçimleri ise farklıdır. Onların kapasiteleri en geniş değer aralığına sahiptir.
- **Çip** – Elektronik cihazlarında kullanılırlar ve boyutları açısından en küçüktür.

2. Değişken kondansatörlerin plakasal kondansatör yapıları var, yalıtım malzemesi en sıkça olarak havadır ve bu yüzden hava kondansatörler adını taşımaktadır. Kondansatör kapasitesinin artması için elektrotlar birçok katmandan yapılıyor. Kapasitenin değişmesi, plakasal kondansatörün kapasite formülüne göre aşağıdaki büyüklüklerden birinin değişmesiyle elde edilebilir:

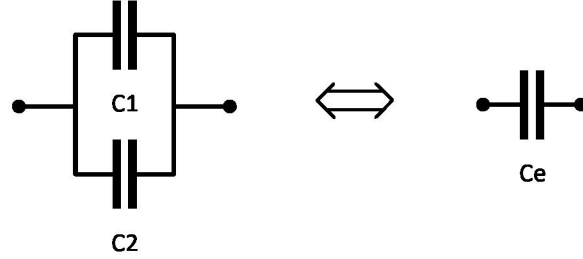
- **s alanı** ve bunun en sıkça pratik uygulaması var. Alanın değişmesine, elektrotların biri hareketli (döner) olup aralarındaki aktif alanın değişmesi etkiliyor.
- **d mesafesi** – Bu tür, kondansatör mikrofonlarında ve hoparlörlerde uygulanır. Bunlarda, dış kuvvet etkisi altında plakalar arasındaki mesafe değişerek, kondansatörün kapasitesi de değişiyor.

Kondansatörlerin gruplandırılması için başka yollar da var. Gruplandırma yalıtım malzemesine göre, yapılaşa göre, uygulanmasına göre, plakaların biçime göre yapılabilir.

PARALEL BAĞLI KONDANSATÖRLER

Kondansatörler önceden verilmiş, standartlaştırmış değerlerle yapılıyorlar. Pratikte başka değerlerle de ihtiyaç oluyor. Bu değerler iki veya fazla kondansatörün bağlanmasıyla elde edilir, bağlanma şekli ise paralel, seri veya kombine (birleşik) olabilir.

İki kondansatörün paralel bağlantısı aşağıdaki şekildedir:



1.11 İki paralel bağlı kondansatör

C_1 ve C_2 kondansatörlerinin üst elektrotları φ_1 , alt elektrotları ise φ_2 eşit potansiyellere sahiptir. Potansiyellerin farkı her iki kondansatör türünde eşittir, yani her iki kondansatör aynı gerilime sahiptir. Kondansatörlerin yüklendiği elektrik miktarı farklıdır, yani toplam elektrik miktarı Q bölünüyor ve birinci kondansatör Q_1 ile, ikincisi ise Q_2 ile yüklenir.

$$Q = Q_1 + Q_2 [C]$$

$$U = U_1 = U_2 [V]$$

$$C_e = \frac{Q}{U} = \frac{Q_1 + Q_2}{U} = \frac{Q_1}{U} + \frac{Q_2}{U} [F]$$

$$C_e = C_1 + C_2 \quad (1.13)$$

Paralel bağlı kondansatörlerin aynı gerilimi, farklı yüklemesi var. Onların eş değer kapasitesini, bireysel kapasitelerin toplamı tanımlamaktadır. Daha fazla kondansatör bağlanırsa (N kondansatör), formül toplam kapasitenin tüm bireysel kapasitelerin toplamı olacağını tanımlayacaktır:

$$C_e = \sum_{i=1}^N C_i = C_1 + C_2 + \dots + C_N [F] \quad (1.14)$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

51. Bireysel kapasiteleri 5 nF ve 47 nF olduğu iki paralel bağlı kondansatörün toplam kapasitesinin ne kadar olacağını hesaplayın.

$$/ C = 5 + 47 = 52 [nF] /$$

52. Kapasiteleri 100 nF, 18 nF ve 2000 pF olan üç paralel bağlı kondansatörün toplam kapasitesi ne kadardır?

$$/ C = 100 + 18 + 2 = 120 [nF] /$$

53. İki paralel bağlı kondansatörün gerilimi 100 V'tur, birinci kondansatörün yüklenmiş olduğu elektrik miktarı 200 pC'dur, ikinci kondansatörün kapasitesi ise 4 pF'tır. Birinci kondansatörün kapasitesi, ikinci kondansatörün yüklenmesi ve toplam kapasite ile toplam elektrik miktarı belirlensin.

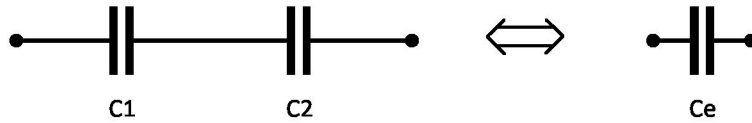
$$/ C_1 = 2[pF]; Q_2 = 400[pC]; C = 6[pF]; Q = 600[pC] /$$

54. İki kondansatör paralel bağlanmıştır. Birincisi 80 nF kapasiteye ve 160 nC yüklenmesine sahiptir, paralel bağlantının toplam yüklenmesi ise 200 nC'dur. Bu paralel bağlantının toplam kapasitesi belirlensin

$$/ C = 100[pF] /$$

SERİ BAĞLI KONDANSATÖRLER

İki kondansatörün seri veya dizisel olarak da adlandırılan bağlantısı şöyledir:



1.12 iki seri bağlı kondansatör

Birinci kondansatörün elektrik miktarı ikinci kondansatörün elektrik miktarıyla eşittir, çünkü birinci kondansatörün alt elektrodu ikinci kondansatörün üst elektroduyla doğrudan bağlıdır. Birinci kondansatörün üst elektrotunun potansiyeli, ikinci kondansatörün hiç bir elektrotun potansiyeliyle eşit değildir, yani farklı gerilimleri vardır. Bu iki kondansatör için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

$$Q = Q_1 = Q_2[C]$$

$$U = U_1 + U_2[V]$$

$$U = \frac{Q}{C_e}, \quad U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q}{C_1}, \quad U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q}{C_2},$$

$$U = U_1 + U_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right), \quad \frac{Q}{C_e} = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \left[\frac{1}{F} \right] \quad (1.15)$$

Seri bağılı kondansatörlerin farklı gerilimleri ve eşit yüklenmeleri vardır . Bu şekilde toplam kapasitenin evrik değeri tanımlanmaktadır, N seri bağılı kondansatör için ise şu geçerlidir:

$$\frac{1}{C_e} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_N} \left[\frac{1}{F} \right] \quad (1.16)$$

Bu formülün pratik olmaması çok daha pratik bir çözümle değiştiriliyor, her zaman ikişer kondansatör eşdeğerlendirilsin ve o zaman formül aşağıdaki şekli alacak:

$$C_e = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} [F] \quad (1.17)$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

55. Bireysel kapasiteleri 2 nF ve 8 nF olan iki seri bağılı kondansatörün toplam kapasitesinin de kadar olduğunu hesaplayın.

$$/ C = 1,6[nF] /$$

56. Kapasiteleri 60 nF, 40 nF ve 20 pF olan üç seri bağılı kondansatörün toplam kapasitesi ne kadardır?

$$/ C = \frac{120}{11} = 10,9 \approx 11[pF] /$$

57. İki seri bağılı kondansatörün yüklenmesi 100 mC'dur. Birinci kondansatörün gerilimi 2 KV, ikinci kondansatörün kapasitesi ise 40 µF'tir. Birinci kondansatörün kapasitesini, ikinci kondansatörün gerilimini ve toplam gerilimi belirlensin.

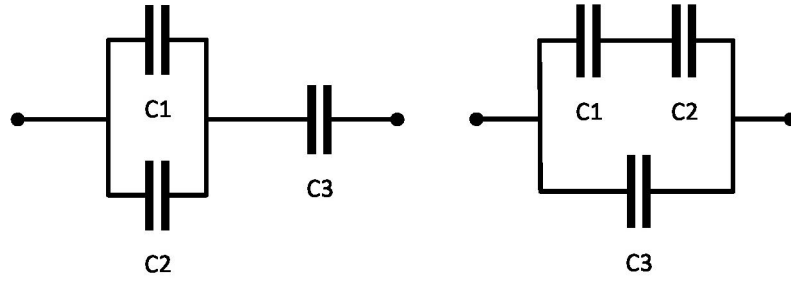
$$/ C_1 = 50\mu F; U_2 = 2,5[KV]; C = 2,2[\mu F]; U = 4,5[KV] /$$

58. İki kondansatör seri bağılıdır. Birinci kondansatörün kapasitesi 30 pF'tir. Seri bağlantının toplam kapasitesi 12 pF'tir. İkinci kondansatörün kapasitesi belirlensin.

$$/ C_2 = 20[pF] /$$

KOMBİNE BAĞLI KONDANSATÖRLER

Kombine (birleşik) bağlantı, kendi adı söylediği gibi, seri ve paralel bağılı kondansatörlerin kombinasyonunu tanımlamaktadır. Kondansatörlerin paralel bağlanması sırasında, toplam kapasite artıyor, seri bağılı kondansatörlerde ise kapasite azalıyor. Kombine bir bağlantının oluşturulması için en az üç kondansatör gerekir. Öyle bir kuruluş aşağıda verilmiştir:



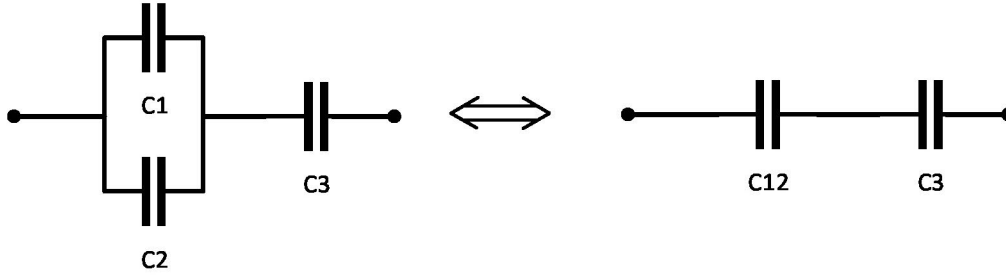
1.13 Üç kondansatörden oluşmuş en basit kombine bağlantı

Böyle kombine bağlantının çözümü aşağıda verilmiştir.

Birinci şekilde C_1 ve C_2 kondansatörlerin paralel bağlantıda oldukları görülüyor. Onların toplam kapasitesini C_{12} ile işaretleyeceğiz ve şu şekilde hesaplanır:

$$C_{12} = C_1 + C_2$$

Birinci şeklin eşdeğer diyagramı şimdi şu şekilde görünecek:



Bu devrenin toplam eşdeğer kapasitesi şu olacaktır:

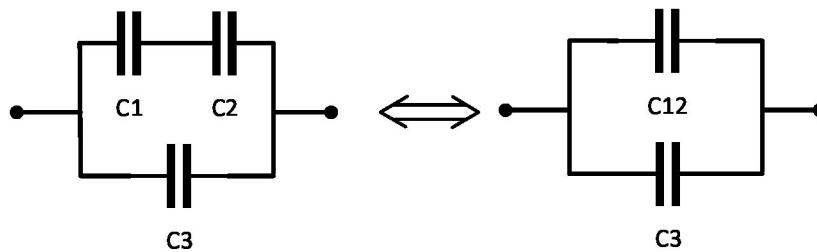
$$C_{\text{eşdeğer}} = C_e = C_{123} = \frac{C_{12} \cdot C_3}{C_{12} + C_3} [F]$$

Bir devrenin eşdeğer, toplam kapasitenin C_e veya C_{123} ile işaretlenmesi daha pratik olur. İkinci yol daha net'tir, çünkü eşdeğerlikte hangi kondansatörlerin yer aldığını gösteriyor.

İkinci çizimde, ikinci devrede C_1 ve C_2 'nin seri bağlantısı eşdeğerlendirilir:

$$C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

İkinci şekil için eşdeğer diyagramı şimdi şu şekilde görünecek:



Bu devrenin toplam eşdeğer kapasitesi aşağıdaki gibi olacak:

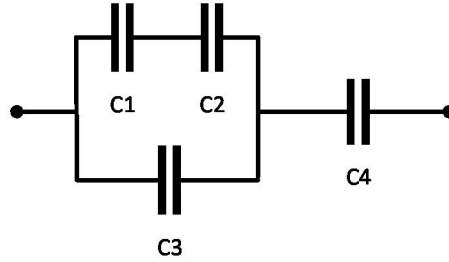
$$C_{\text{eşdeğer}} = C_e = C_{123} = C_{12} + C_3 [F]$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

Aşağıdaki ödevlerde eşdeğer kapasitesi hesaplınsın

59.

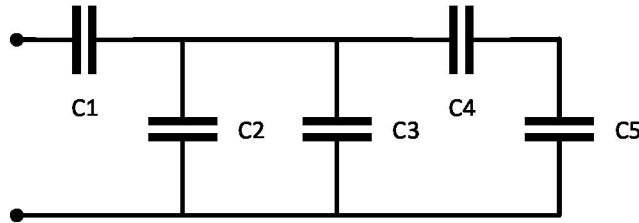
- $C_1 = 300 \text{ nF}$
- $C_2 = 200 \text{ nF}$
- $C_3 = 80 \text{ nF}$
- $C_4 = 50 \text{ nF}$



$/ C_e = 40[\text{nF}] /$

60.

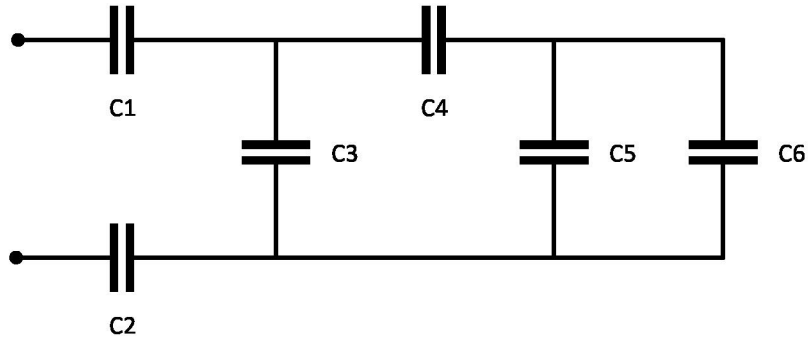
- $C_1 = 40 \text{ pF}$
- $C_2 = 2 \text{ pF}$
- $C_3 = 0,8 \text{ pF}$
- $C_4 = 18 \text{ pF}$
- $C_5 = 12 \text{ pF}$



$/ C_e = 8[\text{pF}] /$

61.

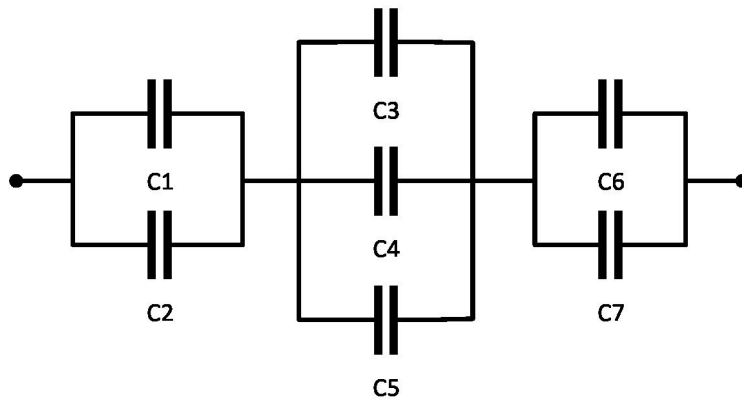
- $C_1 = 1,5 \text{ mF}$
- $C_2 = 3 \text{ mF}$
- $C_3 = 0,5 \text{ pF}$
- $C_4 = 5 \text{ mF}$
- $C_5 = 1 \text{ mF}$
- $C_6 = 4 \text{ mF}$



$/ C_e = 0,75[\text{mF}] /$

62.

- $C_1 = 1,5 \mu\text{F}$
- $C_2 = 0,5 \mu\text{F}$
- $C_3 = 0,4 \mu\text{F}$
- $C_4 = 0,8 \mu\text{F}$
- $C_5 = 0,3 \mu\text{F}$
- $C_6 = 1,9 \mu\text{F}$
- $C_7 = 2,1 \mu\text{F}$



$/ C_e = 0,8[\mu\text{F}] /$

2. SABİT AKIMLAR

2.1. SABİT AKIMLARDA TEMEL KAVRAMLAR, ÖZELLİKLER VE YASALAR

SABİT AKIM GÜCÜ

İyonların, yani elektriklelenmiş taneciklerin hareket etmesini, elektroteknik parçası olan elektrokinetik inceliyor. Sadece elektrik kuvvetlerin etkisi altında neden olan hareket söz konusudur. Bir iletken cisim elektrik alanına girerse, valans elektronların hareketlenmesi başlayacaktır. Elektriklelenmiş taneciklerin organize olarak yönlendirilmiş hareket etmesine **elektrik akımı** denir. Hareket eden elektriklelenmiş taneciklerine göre, elektrik akımları aşağıdakilere ayrılır:

- Elektron akımları – katı cisimleri için karakteristik olan elektronların hareket etmesi;
- İyon akımları – sıvı ve gaz ortamlarında meydana gelen pozitif ve negatif iyonların hareket etmesi.

Sabit (sürekli) elektrik akımlar, sürecin gözlenmesi sırasında değişmeyen akımlardır.

ELEKTRİK AKIM KAYNAĞI

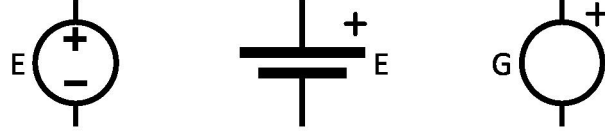
Elektrik akımın akması için, hareket edebilen elektriklelenmiş taneciklerin ve hareketi sağlayacak ve yönlendirecek elektrik alanının var olması gerekiyor. En basit örnek, elektrotları bağlanan bir kondansatördür. Negatif elektrottaki elektrik miktarı, dış bağlanma üzerinden, kondansatörde etkileyen elektrostatik alanı etkisi altında pozitif elektroda doğru hareket etmeye başlıyor. Yüklerin hareket etmesinden dolayı, elektrostatik alan azalıyor, zaman geçtikçe tamamen yok olacak, dolayısıyla elektirik akımın akması da durdurulacak. Elektrik akımın sürdürülebilmesi için, kondansatör elektrotlarının elektriklelenmiş olduğu elektrik yüklerin yeniden doldurulması gerekiyor. Böyle özelliği olan cihaza **elektrik kaynağı** denir, ya da pratikte **jeneratör** olarak bilinmektedir. Elektrik yükün yeniden doldurulması için, belirli bir işin gerçekleşmesi gerekiyor, yani enerjinin kullanılması gerekiyor. O yüzden, elektrik kaynağı için, bir enerji türünü elektrik enerjiye dönüştüren cihaz olduğunu diyoruz. Dönüşümün türüne göre elektrik kaynakları şunlar olabilir:

- Piller ve aküler, kimya enerjisini elektrik enerjisine dönüştürüyorlar;
- Evlerde, iş yerlerindeki prizler, elektrik santrallerinden prizlerdir ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisinde dönüştürüyorlar;
- Güneş (solar) panelleri, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürüyor.

Jeneratörün bir enerji türünü elektrik enerjiye dönüştürme özelliğini karakterize eden büyüklüğe **jeneratörün elektromotor kuvveti (EMF)** denir ve sadece E ile de işaretleniyor. Jeneratörden belirli elektrik miktarın akması için gerçekleşen iş olarak tanımlanıyor. Matematiksel olarak şöyle ifade ediliyor:

$$EMC = E = \frac{A}{Q} [V]$$

Elektrik kaynağının sembolü şudur:



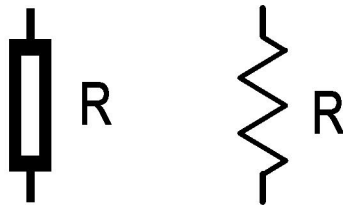
2.1 Elektrik kaynağı sembolleri

Kaynak yanındaki işaret jeneratör olarak G olabilir, veya jeneratörün EMF işareti olarak E olabilir.

Her elektrik kaynağın, kaynağa iki bağlantısı, kutbu vardır. Sabit elektrik akımlar elektrik kaynaklarında bir kutup sürekli olarak pozitifdir, diğer ise sürekli olarak negatiftir. Bu yüzden elektrik kaynağı sembolünün sıkça sadece pozitif bağlantısı için işaretlenmesi var, çünkü diğerin negatif olduğu otomatik olarak bilinmektedir.

KAPALI AKIM DEVRESİ VE ONUN ELEMANLARI

Elektrik kaynağı ileten (iletken tel) ile bağlanınca ve onda akım akınca, temel elektrik devresi kurduğumuzu diyoruz. Elektrik enerjinin aktığı ileten eleman olarak tanımlanınca, bu elemana **rezistör (direnc)** denir. Sembolu şöyledir:



2.2 R rezistör sembolü

Rezistör işareti R'dir, direncin temel ölçü birimi ise Ω – ohm'dur ($R[\Omega]$).

Rezistör olarak her **tüketici** türü varsayılmaktadır, ve sembolik olarak sahip olduğu dirençle işaretlenmektedir. Tüketiciler olarak her günlük yaşamda şunlarla karşılaşırız: ampüller,

bilgisayar, monitör ve televizyon, cep telefonu, kuvvetlendirici, hoparlörler, buz dolabı, fırın. Elektrik direncin özelliği olarak, elektrik direncin evrik değeri olarak tanımlanan elektrik iletkenliği de kullanılıyor.

$$G = \frac{1}{R} [S] \quad (2.1)$$

İletkenliğin ölçülmesi için temel ölçü birimi S – siemens'tir.

Bir elektrik devrenin temel elemanları, bir bütünde bağlanan kaynaklar ve rezistörlerdir. Elektrik akımının akması sağlanması için bu bütünün kapalı olması gerekiyor ve buna kapalı **akım devresi** denir. Elektrik akımını zaman biriminde hayali enine kesitinden geçen yüklerin sayısı olarak tanımlıyoruz:

$$I = \frac{Q}{t} [A] \quad (2.2)$$

$I [A]$ – elektrik akım kuvveti

$Q [C]$ – iletkenin hayali enine kesitinden akan elektrik miktarı

$t [s]$ – elektrik miktarının aktığı zaman

Yukarıdaki formülle elektrik yüklerin hareket ettikleri yön kapsamamıştır. Elektrik akımın yönü her zaman elektrik şemasında (diyagramında) tanımlanır. En basit kapalı elektrik devresi bir kaynaktan ve bir tüketiciden oluşuyor.



2.3 Elektrik akımının farklı şekilde işaretli, bir kaynak ve tüketici içeren basit bir devre

Akımın yönü elemanları bağlayan hatlarda veya hemen hat altında/üstünde okla işaretleniyor. Elemanlardan geçen akımın yönü daha yüksek potansiyalden daha alçak potansiyele doğru olduğu kabul edilmektedir, bu da aslında elektrik alanıyla uyumluluktur. Bu yön pozitif yüklerin hareket ettiği yöndür ve bu yön akımın teknik yönü olarak adlandırılmaktadır. Teknik yön elektrik akımın metal iletkenlerde aktığı yönün tersidir, çünkü onlarda elektrik akımını sadece negatif yükler oluşturuyor ve onların yönü akımın teknik yönüyle eşleşmiyor. Elektroteknike geçerli olan tüm yasalar akımın teknik yönüne göre ifade edilmiştir ve bu yüzden tüm sunumlar elektrik akımının teknik yönü için geçerlidir.

Daha karmaşık elektrik devreler çözüldüğü zaman, akımın ve gerilimin doğru yönünün önceden bilinmesi imkansızdır. Çözme önceden verilmiş referans yönler olarak adlandırdığımız tahmin edilen yönlerle gerçekleşir. Hesaplamalarda pozitif sonuç elde edilince, tahmin edilen yönü doğru seçtiğimizi bileceğiz, fakat negatif sonuçlar elde edilirse, demek ki doğru yön tahmin ettiğimiz yönün tersidir.

OHM YASASI

Gerilimin artmasıyla, elektrik alanının artması meydana geldiğini dikkat edebiliriz. Elektrik alanının artan değeri hareket hızının artmasına etkileyecek, dolayısıyla belirli sürede iletilen elektrik miktarı da artıyor, bu da elektrik akım kuvvetinin tanımlanmasıdır.

Alman fizikçi Georg Simon Ohm bu değişimi, bir elektrik devresinde gerilimin akıma bağlılığını deneysel olarak inceliyormuş, Gerilimin akıma lineer bağımlılığını görmüş ve bu bağımlılığı şu formülle ifade etmiş:

$$U = I \cdot R [V],$$

Bu formül şu formda çok daha iyi bilinir:

$$I = \frac{U}{R} [A] \quad (2.3)$$

$I [A]$ – Elektrik akım kuvveti

$U [V]$ – Tüketicinin uçlarındaki gerilimi

$R [\Omega]$ – Tüketicinin direnci

Ohm yasası şu şekile ifade edilir: bir tüketiciden akan akım tüketicinin uçlarındaki gerilimle doğru orantılıdır.



2.4 Bir tüketicide akımın yönüne bağlı olarak gerilimin yönleri

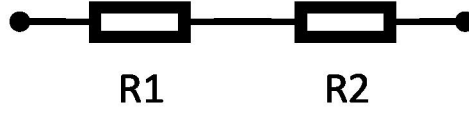
Bir rezistörün uçlarındaki gerilimin referans yönü her zaman akımın girdiği tarafta pozitif değeri vardır. Gerilimin yönü okla belirlenir, öyle ki ok pozitif referans yönü doğru yöneliktir ve el olarak o tarafta + işareti de eklenebilir.

2.2 REZİSTÖRLERİN BAĞLANMASI

Rezistörler, dirençleri bakımından standart değerlerle üretiliyorlar. Pratik uygulamada, hesaplamalar sıkça tamamen farklı değerler gerektirir. Rezistörlerin standart olmayan değerleri standart rezistörlerin seri, paralel ve kombine bağlantıyla farklı şekilde bağlanmasıyla elde edilir.

SERİ BAĞLI REZİSTÖRLER

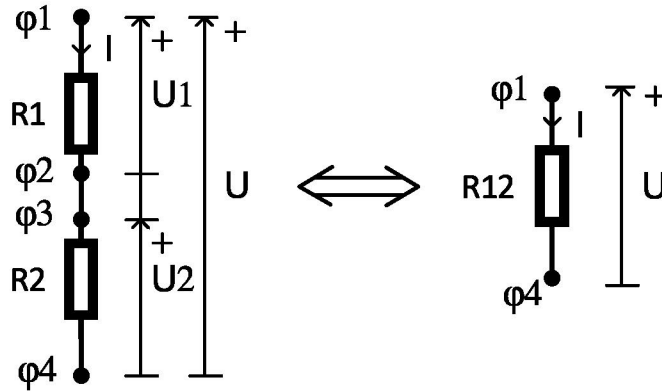
Rezistörlerin **seri bağlantısı**, birinci rezistörün sonunda ikinci rezistörün başlangıcı bağlanmasını anlamına gelerek süreklilik bağlantısıdır. Serbest uçlar, birinci rezistörün başı ve ikinci rezistörün sonu, devresine kalan kısmıyla bağlanıyor. En basit seri bağlantı, aşağıdaki şekilde gösterilmiş olan iki rezistörün bağlantısıdır.



2.5 Seri bağlı iki rezistör

Rezistörlerin seri bağlantısından aynı akım akmaktadır. t zamanı içinde, birinci rezistörden Q elektrik miktarı akacaktır, aynı zaman içinde ikinci rezistörden de aynı elektirik miktarı akacaktır. Eşit elektrik miktarının aktığından dolayı ve elektrik akımının tanımından, iki rezistörden akan akımın eşit olduğunu, yani akımın aynı olduğu sonucuna varılabilir.

Elektrik diyagramında, iki rezistör bir rezistörle değiştiriliyor. Bu rezistöre eşdeğer rezistörü denir. Seri bağlı rezistörler bir eşdeğer rezistörle değiştirilince, ona direçlerin eşdeğerlendirilmesi denir. Eşdeğer rezistör için geriliminin ve akımının, seri bağlantının uçlarındaki gerilime ve akıma eşit olduğu geçerlidir.



2.6 Seri bağlı iki rezistör ve onların eşdeğer rezistörü

Toplam gerilimin eşitliğinden ve aynı akımın aktığından, aşağıdaki denklem elde ediliyor:

$$U_1 = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$U_2 = \varphi_3 - \varphi_4$$

$$U = \varphi_1 - \varphi_4$$

$$U_1 + U_2 = (\varphi_1 - \varphi_2) + (\varphi_3 - \varphi_4) = \varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4$$

φ_2 ve φ_3 potansiyelleri eşit olduğun dolayı, $\varphi_2 = \varphi_3$ geçerlidir, buna göre şunu elde ediyoruz:

$$U_1 + U_2 = \varphi_1 - \varphi_4 = U$$

U_1 ve U_2 ile U için Ohm yasasının uygularsak:

$$U_1 = R_1 \cdot I, \quad U_2 = R_2 \cdot I, \quad U = R_{12} \cdot I$$

Şunu elde edeceğiz:

$$U_1 + U_2 = U$$

$$R_1 \cdot I + R_2 \cdot I = R_{12} \cdot I$$

$$I \cdot (R_1 + R_2) = R_{12} \cdot I \quad / : I$$

$$\mathbf{R_e = R_{12} = R_1 + R_2 \text{ } [\Omega]} \quad (2.4)$$

Bu eşdeğerlilik, N seri bağlı resistörler için de geçerlidir:

$$\mathbf{R_e = \sum_{i=1}^N R_i = R_1 + R_2 + \dots + R_N \text{ } [\Omega]} \quad (2.5)$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

1. Bireysel dirençleri 15 Ω ve 25 Ω olan iki seri bağlı rezistörün toplam direnci ne kadar olacağını hesaplayın.

$$/ R = 15 + 25 = 40[\Omega] /$$

2. Dirençleri 100 Ω , 180 Ω ve 220 Ω olan üç seri bağlı rezistörün toplam direnci ne kadardır?

$$/ R = 100 + 180 + 220 = 500[\Omega] /$$

3. İki seri bağlı rezistörden akım 4 A'dır, birinci rezistörün gerilimi 320 V'tur, ikinci rezistörün direnci ise 240 Ω 'dur. Birinci rezistörün direnci, ikinci rezistörün gerilimi ve seri bağlantının toplam direnci ve gerilimi belirlensin.

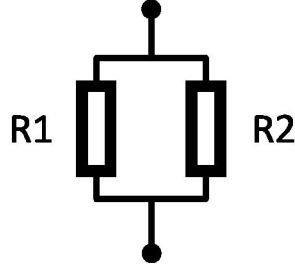
$$/ R_1 = 80[\Omega]; U_2 = 960[V]; R_{12} = 320[\Omega]; U = 1280[V] /$$

4. İki rezistör seri bağlıdır. Birinci rezistör 80 Ω dirence ve 160 V gerilime sahiptir. Seri bağlantının toplam gerilimi 200 V'tur. Bu seri bağlantının toplam direnci belirlensin.

$$/ R = 100[\Omega] /$$

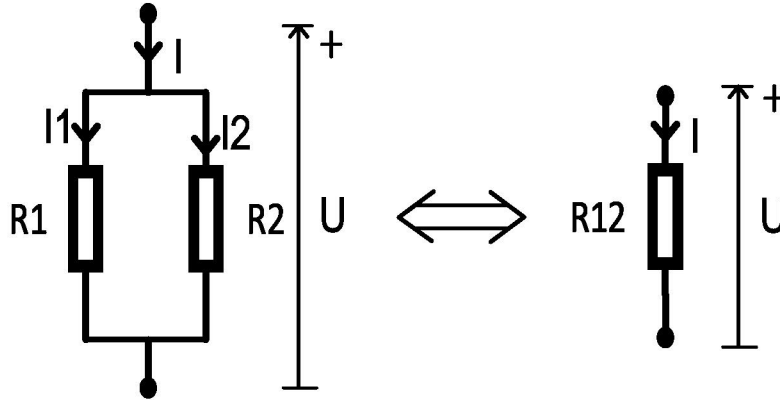
PARALEL BAĞLI REZİSTÖRLER

Birinci direncin başlangıcı ikinci direncin başlangıcıyla bağlanınca, birincinin sonu ise ikincinin sonuyla bağlanırsa, aşağıdaki şekilde gösterilen rezistörlerin **paralel bağlantısı** kuruluyor.



2.7 İki paralel bağlı rezistör

Rezistörlerin paralel bağlantısından aynı akım akmıyor, fakat **rezistörlerin paralel bağlantısı eşit gerilime sahiptir**. Elektrik diyagramında, iki rezistör bir rezistörle değiştiriliyor. Bu rezistöre eşdeğer rezistör denir. Paralel bağlı rezistörler bir eşdeğer rezistörle değiştirilince, ona rezistörlerin eşdeğerlendirilmesi denir. Eşdeğer rezistör için gerilimin ve akımının, paralel bağlantının sonundaki gerilime ve akıma eşit olduğu geçerlidir.



Rezistörlerin her biri için Ohm yasasının uygularsak:

$$U = R_1 \cdot I_1, \quad U = R_2 \cdot I_2, \quad U = R_{12} \cdot I$$

I_1 ve I_2 akımlarını toplarsak, şunu elde ediyoruz:

$$I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = U \cdot \frac{1}{R_{12}} = I$$

Eşdeğer direnç için, şunu elde ediyoruz:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \left[\frac{1}{\Omega} \right] \quad (2.6)$$

Paralel bağlı rezistörler farklı akıma ve eşit gerilime sahiptir. Bu şekilde toplam direncin evrik değeri tanımlanıyor, N paralel bağlı rezistör için ise şu formül geçerlidir:

$$\frac{1}{R_e} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} \left[\frac{1}{\Omega} \right] \quad (2.7)$$

Bu formülün pratik olmayışından dolayı, sıkça çok daha pratik bir çözümle, her zaman ikişer rezistörün eşdeğerlenmesiyle değiştiriliyor, ve o zaman formül şu şekli alıyor:

$$R_e = R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} [\Omega] \quad (2.8)$$

İki aynı rezistörün paralel bağlantısı, her zaman başlangıç dirençlerin değerinin yarısına eşit değeri olan direnç veriyor.

$$R_1 = R_2 = R, \quad R_e = R_{12} = \frac{R}{2} [\Omega]$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

5. Bireysel dirençleri 1 Ω ve 4 Ω olan iki paralel bağlı rezistörün toplam direnci ne kadar olacağını hesaplayın

$$/ R_e = 0,8[\Omega] /$$

6. Dirençleri 6 Ω , 9 Ω ve 4 Ω olan üç paralel bağlı rezistörün toplam direnci ne kadardır?

$$/ R_e = \frac{36}{19} = 1,89 \approx 1,9[\Omega] /$$

7. İki paralel rezistörün gerilimi 100 V'tur. Birinci rezistörden akan akım 2 A'dir, ikinci rezistörün direnci ise 40 Ω 'dur. Birinci rezistörün direnci, ikinci rezistörden akan akım ve toplam akım belirlensin.

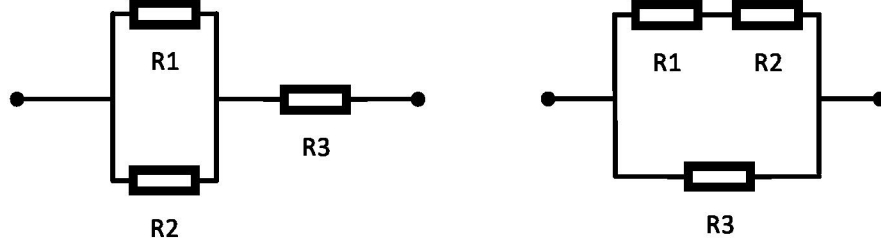
$$/ R_1 = 50\Omega; I_2 = 2,5[A]; R = 2,2[\Omega]; I = 4,5[A] /$$

8. İki rezistör paralel bağlıdır. Birincisi 30 Ω dirence sahiptir. Paralel bağlantının toplam direnci 12 Ω 'dur. İkinci rezistörün direnci belirlensin.

$$/ R_2 = 20[\Omega] /$$

KOMBİNE BAĞLI REZİSTÖRLER

Kombine bağlantı, kendi adı söylediği gibi, seri ve paralel bağlı rezistörlerin kombinasyonunu tanımlamaktadır. Rezistörlerin seri bağlantısı sırasında, toplam direnç artar, paralel bağlı rezistörlerde ise direnç azalıyor. Bir kombine bağlantı en az üç dirençten oluşuyor. Böyle bir kuruluş aşağıdaki şekilde verilmiştir:



2.8 Üç rezistörden oluşan en basit kombine bağlantı

Birinci devrede toplam eşdeğer direnç şudur:

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} [\Omega]$$

$$R_{\text{eşdeğer}} = R_e = R_{123} = R_{12} + R_3 [\Omega]$$

İkinci gösterilen devrede ise toplam eşdeğer direnç şudur:

$$R_{12} = R_1 + R_2 [\Omega]$$

$$R_{\text{eşdeğer}} = R_e = R_{123} = \frac{R_{12} \cdot R_3}{R_{12} + R_3} [\Omega]$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

Aşağıdaki ödevlerde eşdeğer direnci hesaplayın:

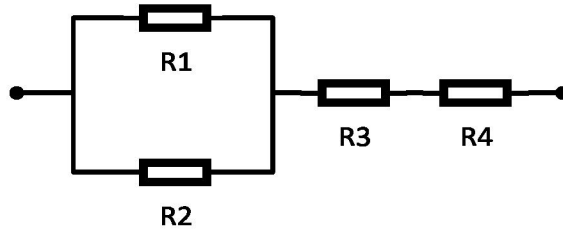
9.

$$R_1 = 12 \Omega$$

$$R_2 = 18 \Omega$$

$$R_3 = 10 \Omega$$

$$R_4 = 8,8 \Omega$$



$$/ R_e = 26[\Omega] /$$

10.

$$R_1 = 2 \Omega$$

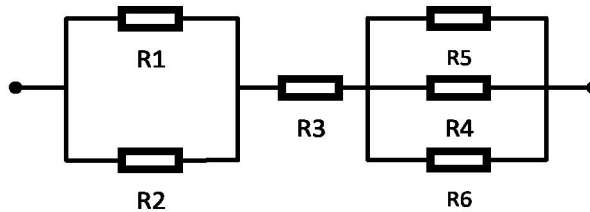
$$R_2 = 6 \Omega$$

$$R_3 = 5,1 \Omega$$

$$R_4 = 15 \Omega$$

$$R_5 = 10 \Omega$$

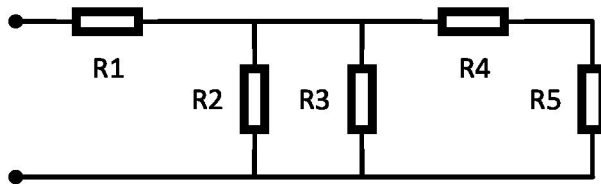
$$R_6 = 4 \Omega$$



$$/ R_e = 9[\Omega] /$$

11.

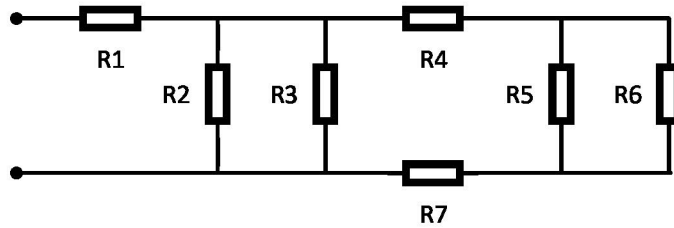
- $R_1 = 5 \text{ K}\Omega$
- $R_2 = 4 \text{ K}\Omega$
- $R_3 = 4 \text{ K}\Omega$
- $R_4 = 1 \text{ K}\Omega$
- $R_5 = 1 \text{ K}\Omega$



$/ R_e = 6[\text{K}\Omega] /$

12.

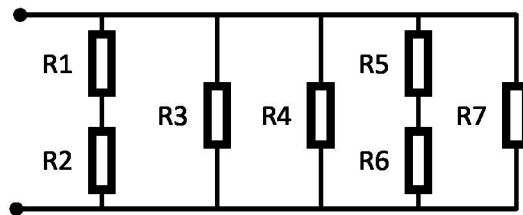
- $R_1 = 5 \Omega$
- $R_2 = 4 \Omega$
- $R_3 = 8 \Omega$
- $R_4 = 3 \Omega$
- $R_5 = 8 \Omega$
- $R_6 = 8 \Omega$
- $R_7 = 1 \Omega$



$/ R_e = 7[\Omega] /$

13.

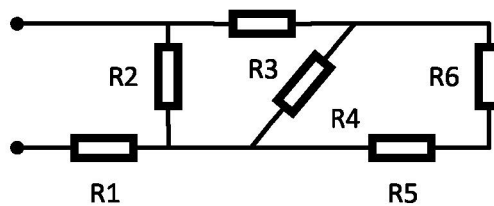
- $R_1 = 0,6\Omega$
- $R_2 = 0,4\Omega$
- $R_3 = 3 \Omega$
- $R_4 = 6 \Omega$
- $R_5 = 8 \Omega$
- $R_6 = 7 \Omega$
- $R_7 = 10\Omega$



$/ R_e = 0,6[\Omega] /$

14.

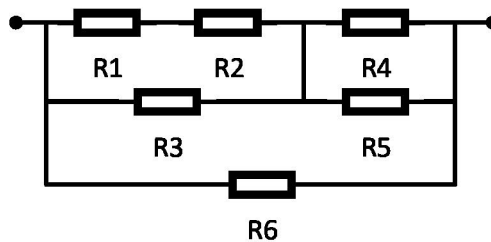
- $R_1 = 25\Omega$
- $R_2 = 60\Omega$
- $R_3 = 8\Omega$
- $R_4 = 20\Omega$
- $R_5 = 18\Omega$
- $R_6 = 12\Omega$



$/ R_e = 40[\Omega] /$

15.

- $R_1 = 5\text{M}\Omega$
- $R_2 = 15\text{M}\Omega$
- $R_3 = 20\text{M}\Omega$
- $R_4 = 30\text{M}\Omega$
- $R_5 = 30\text{M}\Omega$
- $R_6 = 15\text{M}\Omega$

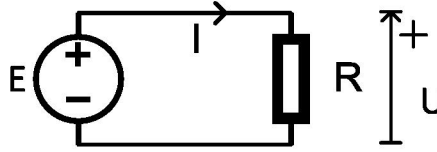


$/ R_e = 9,375[\text{M}\Omega] /$

2.3 SABİT AKIMLI BASİT AKIM DEVRESİ

BASİT DEVREDE ELEKTRİK AKIMIN HESAPLANMASI

En basit akım devresi bir kaynaktan ve bir tüketiciden oluşan elektrik devresidir.



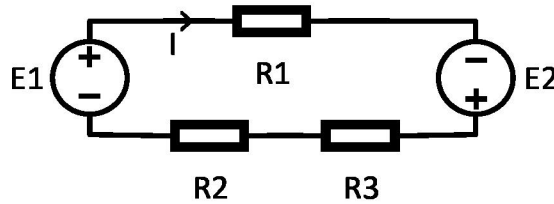
2.9 Bir kaynaktan ve bir tüketiciden oluşan basit devre

Bir devrenin çözülmesi, devrede her elemanın akımlarının ve gerilimlerinin kuvvetini belirlemek demektir. Verilen devrenin elektrik büyüklüklerinin hesaplanması, tüketicinin gerilimi (direnci) R kaynağın elektromotor kuvvetine eşit ($E = U$) olduğundan başlar, öyle ki devredeki elektrik akımının kuvveti için şunu elde ediyoruz:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{E}{R} [A]$$

Yukarıda verilen akım devresinde, elemanlar seri olarak bağlıdır, dolayısıyla elemanlarda akan akım eşittir, yani bu devrede akım kuvvetinin çözümü budur.

Basit devre, sadece seri bağlı elemanları olan her devredir, öyle ki basit devrenin daha karmaşık formu bir kaç kaynaktan ve bir kaç tüketiciden oluşan devredir. Aşağıdaki şekilde birden fazla elemanlı, iki kaynaklı ve üç rezistörlü basit bir devre gösterilmiştir:



2.10 2 kaynak ve 3 tüketici ile basit devre

Elektrik devrede değerlerin hesaplanması için, kaynakların elektromotor kuvvetlerinin değerleri ve dirençlerin değerleri bilindiği var sayılmaktadır. Akım kuvvetinin hesaplanması için, ilk önce onun yönü tahmin edilir. Elde edilen sonuç pozitif ise, o zaman tahmin edilen yön gerçek yönle aynı olduğu demektir. Negatif sonuç, gerçek yönün tahmin edilen yönün ters yönde olduğu demektir, fakat bu tahmin edilen yönün değişmesi gerektiği anlamına gelmez. Devredeki elemanlarda akan akımın kabul edilen yönü daha yüksek potansiyalden daha düşük potansiyele doğru olması gerekiyor, bu da kaynaktan gelen akımın yönü, akımın onun pozitif tarafından çıkması anlamına gelir. Buna göre, verilen devre için akan akımın kuvveti için şunu elde ediyoruz:

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + R_3} [A]$$

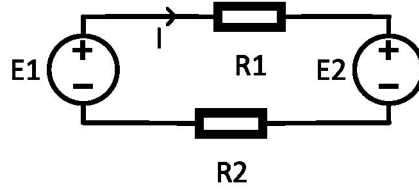
Bireysel elemanların, dirençlerin gerilimleri aşağıdakilerdir:

$$U_1 = U_{R_1} = I \cdot R_1 [V]$$

$$U_2 = U_{R_2} = I \cdot R_2 [V]$$

$$U_3 = U_{R_3} = I \cdot R_3 [V]$$

Herhangi bir kaynağın ters bağlı olduğu durumda, yani akımın onun negatif elektrotundan çıkması durumunda, akım kuvvetinin hesaplanmasında o kaynağın önünde eksi işareti koyulur. Böyle bir basit devre inceleyelim:



2.11 2 kaynak ve 2 tüketiciden oluşan basit devre

Bu devre için akımın kuvveti şu olacaktır:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} [A]$$

Rezistörlerin gerilimleri şöyle olacak:

$$U_1 = U_{R_1} = I \cdot R_1 [V]$$

$$U_2 = U_{R_2} = I \cdot R_2 [V]$$

Genel olarak, basit devre için devredeki akımın kuvvetini aşadaki şekilde yazabiliriz:

$$I = \frac{\sum E}{\sum R} [A] \quad (2.9)$$

Bu ifadeye basit elektrik devre için **genelleştirilmiş Ohm yasası** denir. Devredeki akımın kuvveti, devredeki tüm elektromotorların kuvveti ve devredeki tüm dirençlerin bölümüdür. Elektromotor kuvvetleri, akımın ondan çıktığı işaretlerle yazılıyor, dirençlerin önündeki işaret ise her zaman artı'dır. Devrenin tamamının çözülmesi için tüm elemanların gerilimleri de belirlenmelidir.

BASİT AKIM DEVRESİNDE İKİ NOKTA ARASINDAKİ ELEKTRİK GERİLİMİNİN HESAPLANMASI

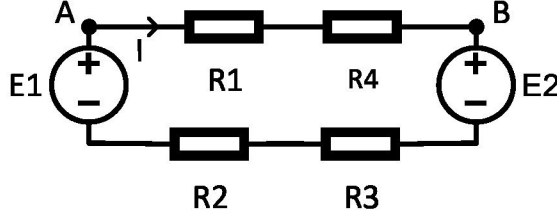
İki nokta A ve B arasındaki gerilim U_{AB} ile işaretlenir ve A noktasının B noktasından daha yüksek potansiyelde olduğu varsayılır. Ohm yasasının uygulanması da bu işaretlemeyle uyumludur. Dediğimize göre, U_{AB} ve U_{BA} gerilimleri sadece referans yönünün seçimine göre ayrılırlar, yani bu gerilimlerin yoğunluğu eşittir, sadece işaretleri farklıdır ve onlar için aşağıdaki eşitlik geçerlidir:

$$U_{AB} = -U_{BA}$$

Bir elektrik devresinde iki nokta arasındaki gerilim, elektromotor kuvvetlerinin ve tüketicilerin gerilimlerinin $R \cdot I$ toplamını tanımlamaktadır ve şu şekilde yazılabilir:

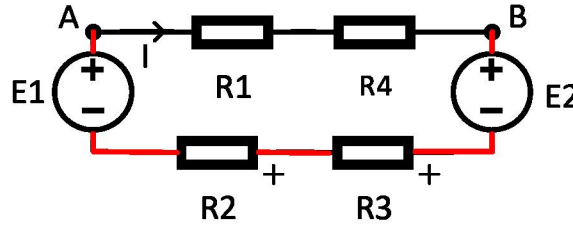
$$U_{AB} = \pm \sum E \pm \sum I \cdot R [V]$$

Bu toplamları oluştururken, her elemanın birer birer işaretleri göz önüne alınmalıdır. **Hareket yönü A noktasından B noktasında doğrudur ve bu arada girişin referans işaretleri alınmaktadır.** Elektromotor kuvvetleri için karşılaşılan işaret alınıyor, dirençlerde ise akımın geldiği tarafa + işareti koyuluyor.



2.12 Akımın yönü işaretlenmiş olduğu basit devre

U_{AB} gerilimin işaretinin belirlenmesinde, aşağıdaki şekilde gösterilmiş olduğu gibi, A noktasından B noktasında doğru kırmızı yol üzerinden hareket ederek, I akımının aktığı yönünden belirlenen R_2 ve R_3 rezistörlerinin işaretlerini koyacağız.



2.13 Akımın yönü ve U_{AB} 'nin belirlenmesi için yolun işaret edilmiş olduğu basit devre

Kırmızı yol üzerinden hareket ederek, ilk önce E_1 'e ve onun pozitif elektroduna varılıyor, demek ki o, $+E_1$ olarak yazılıyor. Ardından daha alçak potansiyeli tarafından R_2 'ye varılıyor ve onu $-I \cdot R_2$ ile yazıyoruz. Aynı durum R_3 direncinde de var ve onu $-I \cdot R_3$ olarak yazıyoruz. En sonunda E_2 'nin eksi elektroduna geliniyor ve onu $-E_2$ ile işaretliyoruz. U_{AB} gerilimi şu olacaktır:

$$U_{AB} = +E_1 - I \cdot R_2 - I \cdot R_3 - E_2 [V]$$

U_{AB} gerilimi diğer yoldan da hesaplanabilir, R_1 ve R_4 dirençlerin üzerinden ve böyle durumda gerilim ifadesi şu şekilde olacak:

$$U_{AB} = +I \cdot R_1 + I \cdot R_4 [V]$$

E_1 önündeki, veya $I \cdot R_1$ önündeki işaretinin, hiçbir matematiksel önemi yoktur, sadece giriş işaretlerinin yazma kuralının yerine getirilmesi için yazılmıştır.

Her iki durumda hesaplanan gerilimin değeri aynı olacak, yani iki nokta arasındaki gerilimin **hesaplanması için, noktalar arasında hareket ettiğimiz yol önemli değildir.**

JOULE YASASI

Fizikçi Joule, ısıya dönüşen enerji miktarını belirlemek amacıyla deneysel yolla ölçmeler gerçekleştirmiş. Deneysel olarak bir rezistörde oluşan ısı enerjisinin hesaplanması için ifadeyi elde etmiş. Isı enerjisi, elektrik akımını oluşturan elektrik yükünü iletmek için yapılan işe eşittir. Önceden bahsetmiş olduğumuz gibi gerilim yükün iletilmesi için yapılan işin miktarına eşittir, yani yapılan iş için şunu yazabiliriz:

$$A = U \cdot Q [J]$$

Yukarıdaki ifade, pozitif yükün daha yüksek potansiyele sahip noktadan daha alçak potansiyele sahip olan noktaya iletmek için ifadedir. Eğer, I kuvvetinde elektrik akımının aktığı R dirençli rezistör incelersek, rezistörden alan elektirik miktarı için şunu yazabiliriz:

$$Q = I \cdot t [C]$$

Dolayısıyla, yapılan iş için aşağıdaki ifade elde ediliyor:

$$A = U \cdot I \cdot t [J] \quad (2.10)$$

A [J] – rezistörün ısı enerjisi

I [A] – elektrik akımının kuvveti

U [V] – rezistör uçlarındaki gerilim

t [s] – rezistörde oluşan ısı enerjinin gözlemlendiği süre

Bu ifade, bir rezistörde oluşan ısı enerjisiyi belirleyen **Joule yasasını** tanımlamaktadır. Ohm yasasını uygulayarak, Joule yasasının türetilmiş formları elde edilebilir:

$$A = U \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t = \frac{U^2 \cdot t}{R} [J]$$

Ödevde verilen parametrelere bağlı olarak Joule yasasının formlarından hangisinin uygulanacağı karar verilir. Aslında bu ifade, Ohm yasasında tanımlanan gerilimin ve akımın referans yönlerini ifade etmektedir.

Güç, zaman biriminde gerçekleşen iş olatak tanımlanır:

$$A = P \cdot t [J], \quad \text{yani} \quad p = \frac{A}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = U \cdot I [W]$$

A [J] - rezistörün ısı enerjisi

P [W] – tüketicinin gücü

t [s] - rezistörde oluşan ısı enerjinin gözlemlendiği süre

Buna göre, tüketicinin gücü için aşağıdaki ifade elde ediliyor:

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} [W] \quad (2.11)$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

16. 2 A akımın aktığı ve uçlarında 5V gerilimi olan tüketicinin, 4 s zamanı içinde ısı enerjisi ve gücü hesaplınsın.

$$/ A = 40 [J], P = 10 [W] /$$

17. Ödev 16'daki tüketici için, 2 A akımın aktığı ve uçlarında 5V gerilimi olan tüketicinin, 40 dakika zaman içinde ısı enerjisi hesaplınsın. Bu iki ödevde elde edilen sonuçlar yorumlınsın.

$$/ A = 24000 [J] = 24 [KJ] /$$

18. Uçlarında 220 V gerilime sahip olan ve ondan 2 mA akımın aktığı rezistörde, yarım saat zamanı içinde ne kadar ısı enerjisi gelişiyor?

$$/ t = \frac{1}{2} h = 0,5 \cdot 3600 = 1800 [s]$$
$$A = 220 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 1800 = 792 [J] /$$

19. 50 mA akım akan, 40 s zamanı içinde ondaki ısı enerjisi 200 J olan rezistörün uçlarında gelişen gerilim hesaplınsın.

$$/ U = 100[V] /$$

20. 8 A akım akan, 100 Ω 'a sahip olan rezistörde ne kadar zaman için 40 KJ ısı enerjisi gelişecektir?

$$/ t = 6,25[s] /$$

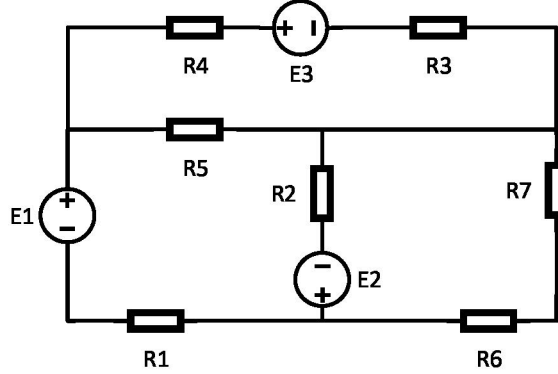
21. Direnci 20 Ω olan ve 2 s zamanı içine 360 J ısı enerjisi geliştiren rezistörün gerilimi hesaplınsın. Ondan sonra tüketicinin gücü de belirlensin.

$$/ U = 60[V], P = 180[W] /$$

2.4 SABİT AKIMLI KARMAŞIK AKIM DEVRESİNİN, KİRCHHOFF YASALARINI KULANARAK ÇÖZÜLMESİ

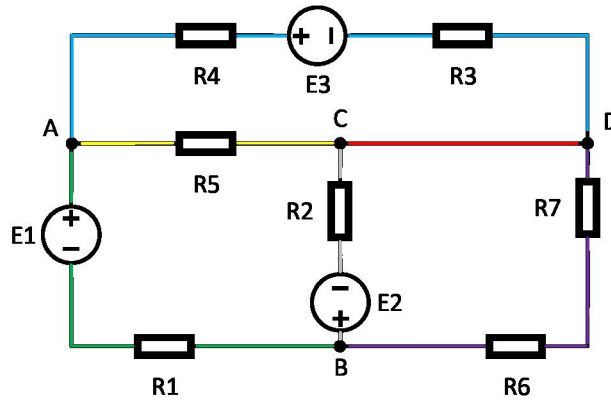
KARMAŞIK AKIM DEVRESİ

Pratikte elektrik devreleri genelde, birbirleriyle seri veya paralel ya da kombine bağlantılarla bağlanan çok sayıda kaynaktan ve rezistörden oluşuyor. Böyle elektrik devrelere karmaşık elektrik devreleri denir.



2.14 Karmaşık elektrik devre

Üç veya fazla elemanın bağlandığı yere **düğüm** denir. Eleman yerine sadece kısayol da olabilir. Düğümler genelde büyük latin harfleriyle işaretlenir (A, B, C ve D). Elektrik devresinin iki düğüm arasında olan ve en az bir eleman içeren kısmına **elektrik devrenin dalı** denir. Her dalda SADECE BİR akım akmaktadır, öyle ki her dal birer akıma uygundur. Daha kolay anlamak için, aşağıdaki şekilde dallar farklı renklerle işaretlenmiştir (mavi, yeşil, sarı, mor ve gri dal).



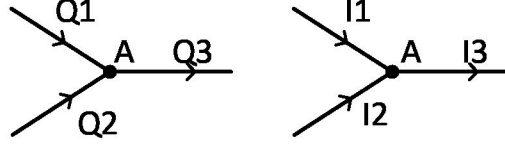
2.15 Dalları işaretlenmiş karmaşık devre

C ve D düğümlerini bağlayan çizgi eleman içermiyor (şekilde kırmızı çizgi), dolayısıyla bu çizgi dal değil, ona kısayol veya **kısa bağlantı** denir. Kısa bağlantıdan akım akmaktadır. Yukarıdaki şekildeki karmaşık devre için dalların sayısı verilmesi gerekiyorsa, dalların sayısı 6 değil, N_{Dal} 5'tir. Aralarında kısa bağlantı olan iki düğüm bir (aynı) düğüm olarak sayılır (C=D), öyle ki yukarıdaki devrede düğüm sayısı 4 değil, $N_{düğüm} = 3$ 'tür.

Kontür en az iki dalı bağlayan kapalı çizgi tanımlamaktadır. Kontüre kendi verdiğimiz yöne, kontürün yönlendirmesi denir.

BİRİNCİ KİRCHHOFF YASASI

Bir ortak A düğümüne üç iletken bağlıysa



2.16 Elektrik miktarlarıyla veya akımlarıyla verilmiş düğüm

ve her iletkenden Q_1 ve Q_2 elektrik miktarları aktıysa, öyle ki üçüncü iletkenden akan elektrik miktarı Q_3 için şu geçerli olacak:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

Eğer bu eşitlik t süresiyle bölünürse şunu elde edeceğiz:

$$\frac{Q_1}{t} + \frac{Q_2}{t} = \frac{Q_3}{t}$$

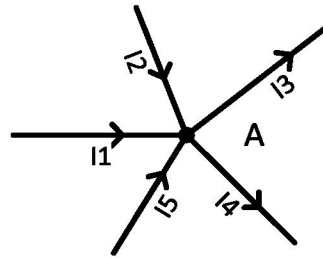
$$I_1 + I_2 = I_3$$

Demek ki, düğümde gelen akımın, aynı düğümde akan akımlarla eşit olduğuna sonucuna varabiliriz.

Bu incelemeyi Kirchhoff ifade etmiş ve I Kirchhoff yasası olarak tanımlamış ve şöyle ifade edilmektedir: **Bir elektrik devrenin herhangi bir düğümünde akım kuvvetlerinin toplamı sıfıra eşittir.** Düğümüne giren akımlar + işaretiyle alınıyor, çıkanlar ise – işaretiyle alınıyor. Matematiksel yazılışı şu şekildedir:

$$\sum I = 0 \quad (2.12)$$

Aşağıdaki şekilde verilen devre parçası için Kirchhoff yasasını uygulayarak:



2.17. Düğüm ve düğümdeki akımlar

Şu şekli olacaktır:

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

I Kirchhoff yasası şu şekilde de ifade edilebilir: bir düğümde giren akımların kuvvetlerinin toplamı aynı düğümde çıkan akımların kuvvetlerinin toplamına eşittir. Bu ifade aslında

elektrik miktarının korunumunun fiziksel kanununu tanımlamaktadır (bir düğümde giren elektrik miktarı ne kadarsa, o kadar elektrik miktarı düğümden çıkıyor).

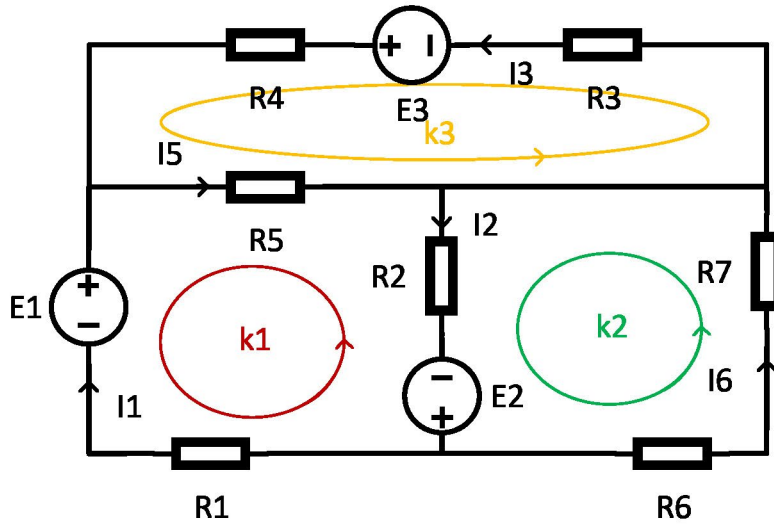
Devrenin A düğümünde gösterilen parçası için, şunu yazabiliriz:

$$I_1 + I_2 + I_5 = I_3 + I_4$$

I Kirchhoff yasası bir düğümdeki akımlar için geçerlidir. Akımlar onların tahmin edilen yönle alınır. Eğer değer hesaplamalarında akımlardan biri için negatif sayı elde edersek, demek ki akımın yönü tahmin edilen yönün tersidir.

İKİNCİ KİRCHHOFF YASASI

Bir elektrik devrenin parçası olan kontür (düşünölmüş kapalı çizgi) inceleyelim.



2.18 Karmaşık akım devresi

Kendi yönlendirmesi de olan k1 kontürünü alalım. Kontürdeki elektromotor kuvvetleri ve tüm gerilimleri bağlayan yasa, **II Kirchhoff yasasıdır**. Şu şekilde ifade ediliyor: **Bir kontürdeki rezistörlerin tüm elektromotor kuvvetlerin ve gerilimlerin toplamı sıfır'dır**.

$$\pm \sum E \pm \sum R \cdot I = 0 \quad (2.13)$$

Görüldüğü gibi bir dalda elektrik akımların isimleri belli bir sıra numarasıyla olmaları gerekmiyor. Onların endeksi genelde daldaki rezistörlerden birinin endeksiyle bağlanır.

k1 kontürüne uygulanmış II Kirchhoff yasası şu şekilde ifade edilecek:

$$+E_1 - R_1 \cdot I_1 + E_2 - R_2 \cdot I_2 - R_5 \cdot I_5 = 0$$

Kontürün yönlendirmesini izleyerek giriş işaretleri yazılıyor. Önceden söylediğimiz gibi akımın rezistöre girdiği tarafa + işareti alınıyor, yani k1 kontürü R_5 rezistörü ile karşılaşınca onun - tarafına geliyor. O yüzden $R_5 \cdot I_5$ çarpımı - işaretiyle alınır.

k2 kontürü için II Kirchhoff yasası uygulanması şöyle olacaktır:

$$R_6 \cdot I_6 + R_7 \cdot I_6 + R_2 \cdot I_2 - E_2 = 0$$

k3 kontürü için:

$$R_5 \cdot I_5 + R_3 \cdot I_3 - E_3 + R_4 \cdot I_3 = 0$$

KARMAŞIK AKIM DEVRELERİN ÇÖZÜLMESİNDE KIRCHHOFF YASALARIN UYGULANMASI

Karmaşık bir akım devrenin çözülmesi, devredeki tüm elektromotor kuvvetlerinin ve dirençlerin değerlerini bilmemiz koşuluyla, devrede tüm akımların belirlenmesi demektir. Bunu Ohm yasasının ve I ve II Kirchhoff yasasını uygulayarak gerçekleştirebiliriz.

Akımların sayısı dalların sayısına eşittir, çünkü devrenin her dalından sadece birer akım akıyor.

Şimdiye kadar incelediğimiz, şekil 2.18'de gösterilmiş örneği inceleyeceğiz:

Karmaşık bir elektrik devresinde akımları belirleme süreci her zaman şu sıralamaya göre yapılır:

1. Düğümün sayısını belirliyoruz (bizim örneğimizde, A, B, C ve D düğümleridir), yani $N_{\text{düğüm}}=4$.
2. I Kirchhoff yasasına göre denklemlerin sayısı $N_{\text{düğüm}} - 1$ 'dir, bizim örneğimizde $N_{\text{düğüm}} - 1 = 4 - 1 = 3$. Hangi üç düğümün yazılacağını kendimiz belirliyoruz, burada da A, C ve D düğümlerini yazacağız.

$$A: I_3 + I_1 - I_5 = 0$$

$$C: I_5 - I_2 - I_8 = 0$$

$$D: I_8 + I_6 - I_3 = 0$$

3. Dalların sayısını N_{Dal} belirliyoruz, bizim örnek için $N_{\text{Dal}}=6$ 'dır.

4. II Kirchhoff yasasında göre denklemlerin sayısı $N_{\text{dal}} - (N_{\text{düğüm}} - 1) = N_{\text{dal}} - N_{\text{düğüm}} + 1$ 'dir. Bizim örnek için $N_{\text{dal}} - (N_{\text{düğüm}} - 1) = 6 - 3 = 3 + 1 = 6 - (4 - 1) = 6 - 3 = 3$; Bu üç denklem k1, k2 ve k3 kontürleri içindir.

$$k1: -R_5 \cdot I_5 - R_2 \cdot I_2 + E_2 - R_1 \cdot I_1 + E_1 = 0$$

$$k2: R_6 \cdot I_6 + R_7 \cdot I_6 - R_8 \cdot I_8 + R_2 \cdot I_2 - E_2 = 0$$

$$k3: R_5 \cdot I_5 + R_8 \cdot I_8 + R_3 \cdot I_3 - E_3 + R_4 \cdot I_3 = 0$$

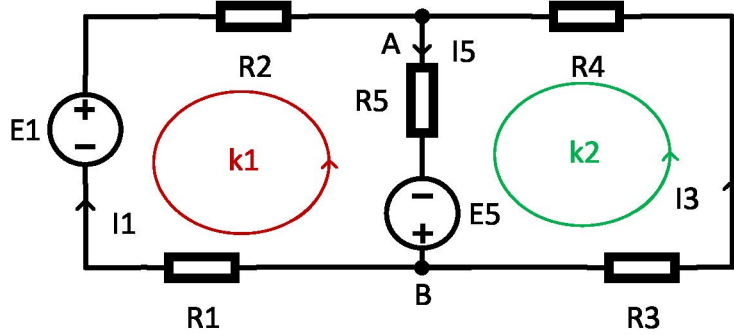
5. 2 ve 4 noktalarında denklemler sistemini çözerek karmaşık akım devresinde akımların kuvvetleri elde edilir.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

Aşağıdaki ödevlerde, elektrik akımların kuvvetleri hesaplınsın

22.

- $R_1 = 5 \Omega$
- $R_2 = 15 \Omega$
- $R_3 = 45 \Omega$
- $R_4 = 35 \Omega$
- $R_5 = 90 \Omega$
- $E_1 = 120V$
- $E_5 = 10V$



Çözüm:

1. Düğümün sayısı $N_{\text{düğüm}} = 2$
2. I Kirchhoff yasasında göre denklemlerin sayısı $N_{\text{düğüm}} - 1 = 2 - 1 = 1$
3. Dalların sayısını belirliyoruz, $N_{\text{dal}} = 3$
4. II Kirchhoff yasasına göre denklemlerin sayısı $N_{\text{dal}} - N_{\text{düğüm}} + 1 = 3 - 2 + 1 = 2$, onlar da k1 ve k2 kontürleridir.

$$k1: -R_5 \cdot I_5 - R_2 \cdot I_1 + E_1 - R_1 \cdot I_1 + E_5 = 0$$

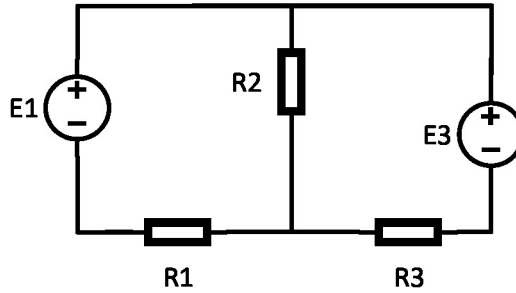
$$k2: R_3 \cdot I_3 + R_4 \cdot I_3 + R_5 \cdot I_5 - E_5 = 0$$

5. 2 ve 4 sıra numaralarında yazılan denklemler sistemi çözülüyor ve karmaşık akım devreleri için akım kuvvetleri elde ediliyor.

$$/ I_1 = 2[A], I_3 = -1[A], I_5 = 1[A] /$$

23.

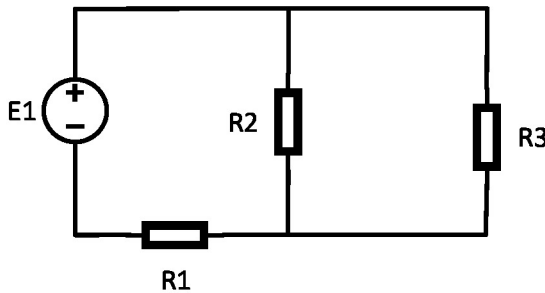
- $R_1 = 10 \Omega$
- $R_2 = 16 \Omega$
- $R_3 = 30 \Omega$
- $E_1 = 100V$
- $E_3 = 170V$



$$/ I_1 = 2[A], I_2 = 5[A], I_3 = 3[A] /$$

24.

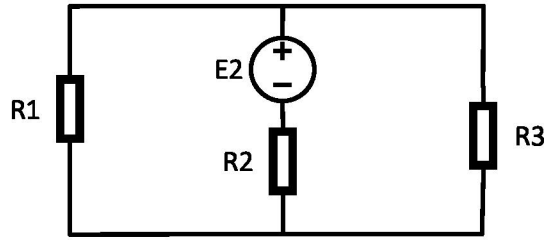
- $R_1 = 12,5 \Omega$
- $R_2 = 10 \Omega$
- $R_3 = 30 \Omega$
- $E_1 = 200V$



$$/ I_1 = 10[A], I_2 = 7,5[A], I_3 = 2,5[A] /$$

25.

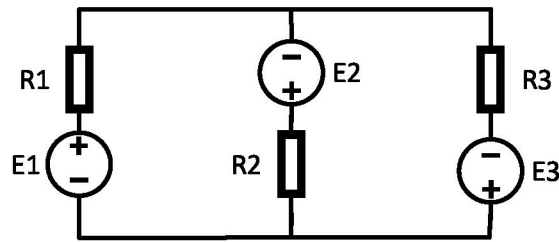
$R_1 = 24\text{k}\Omega$
 $R_2 = 4\text{k}\Omega$
 $R_3 = 8\text{k}\Omega$
 $E_2 = 400\text{V}$



$/ I_1 = 10[\text{mA}], I_2 = 40[\text{mA}], I_3 = 30 [\text{mA}] /$

26.

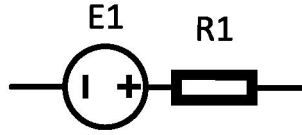
$R_1 = 1\Omega$
 $R_2 = 5\Omega$
 $R_3 = 10\Omega$
 $E_1 = 30\text{V}$
 $E_2 = 10\text{V}$
 $E_3 = 20\text{V}$



$/ I_1 = 10[\text{A}], I_2 = 6[\text{A}], I_3 = 4 [\text{A}] /$

2.5 SABİT AKIMLI KARMAŞIK AKIM DEVRENİN ÇÖZÜLMESİ

Bir jeneratör, yani gerilim kaynağı, elektromotor kuvvetiyle ve kaynağın direnciyle karakterize oluyor. Böyle bir kaynak için gerçek gerilim kaynağı olduğunu diyoruz. Böyle jeneratör, kaynağın ve gerilimin seri bağlantısı olarak gösteriliyor:



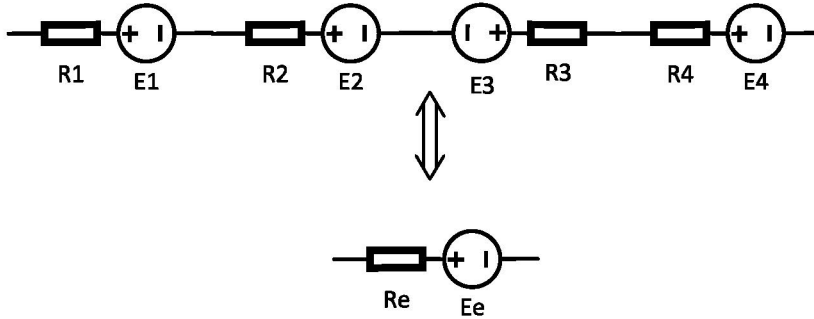
2.19 Gerçek gerilim kaynağı

İdeal gerilim kaynağında, direncin değeri 0 Ω 'dur.

Pratikte sıkça kaynak için üretimle standartlaştırılmış değerlerden farklı değerler gereklidir. Böyle bir durumda, aranan değerlerin elde edilmesi için kaynakların seri ve paralel bağlantısı gerçekleştiriliyor.

SERİ BAĞLI GERİLİM JENERATÖRLERİ

Kaynakların seri bağlantısı, dirençlerin seri bağlantısı gibi aynıdır. Böyle bağlanan kaynaklar, karmaşık bir devrede bir dal oluşturmaktadır.



2.20 Seri bağlı kaynaklar

Bu bağlantı şekli toplam elektromotor kuvvetinin artmasını istediğimiz zaman uygulanmaktadır, öyle ki tüm bireysel kaynaklar elektromotor kuvvetlerin eşleşecek şekilde bağlıdır ve o zaman toplam elektromotor kuvveti bireysel EMF'in toplamıdır. Fakat bağlantı her zaman, şekilde gösterilmiş olduğu gibi sadece aynı yönde değildir, ve böyle bağlanan kaynaklar için şu ifadeler geçerlidir:

$$E_e = E_1 + E_2 - E_3 + E_4 [V]$$

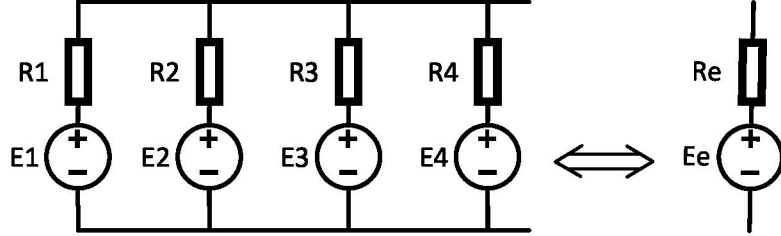
$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 [\Omega]$$

Ters yönelmiş E_3 kaynağı için, karşıtlı bağlı olduğunu diyoruz.

Genel olarak, seri olarak elektromotor kuvvetlerin yönleri eşleşen N kaynak bağladığımızda, toplam elektromotor kuvveti bireysel kuvvetlerin toplamıdır, ayrıca toplam direnç de bireysel dirençlerin toplamını tanımlamaktadır.

PARALEL BAĞLI GERİLİM JENERATÖRLERİ

Paralel bağlantı, kaynağın akım sınırlandırması olduğu zaman, yani kaynak gerekli olan akımdan daha düşük akım dayanabildiği durumda uygulanır. Kaynakların paralel bağlanması sırasında kaynağın kutupluluğu dikkate alınmalıdır, öyle ki kaynaklar sadece aynı kutupla bağlanmalıdır. Aynı elektromotor kuvvete ve aynı dirence sahip olan kaynaklar paralel bağlantıda bağladığımız zaman, şu elde ediliyor:



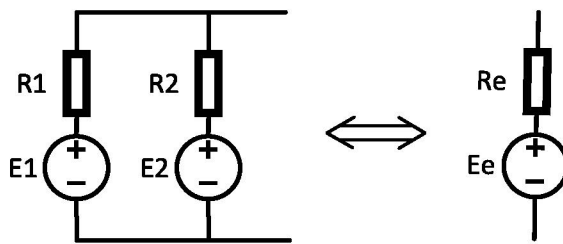
2.21 Paralel bağlı aynı kaynaklar

Eşdeğer kaynağı için şunlar geçerlidir:

$$\begin{aligned} E_e &= E_1 = E_2 = E_3 = E_4 \text{ [V]} \\ R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R, \quad R_e &= \frac{R}{4} \text{ [\Omega]} \end{aligned} \quad (2.14)$$

Elektromotor kuvveti, bireysel kaynakların elektromotor kuvvetiyle aynı kalıyor, toplam eşdeğer direnci ise bağlı olan paralel dallar kadar azalıyor (örneğimizde 4'tür)

Paralel olarak, aşağıdaki şekilde gösterilmiş olduğu gibi, elektromotor kuvvetleri eşit olmayan kaynaklar da bağlanabilir:



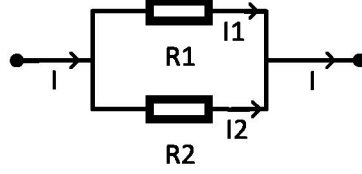
2.22 İki farklı paralel bağlı kaynaklar

Bu şekilde bağlı olan kaynaklar için şunlar geçerlidir:

$$E_e = \frac{E_1 \cdot R_2 + E_2 \cdot R_1}{R_1 + R_2} \text{ [V]}, \quad R_e = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ [\Omega]} \quad (2.15)$$

AKIM BÖLÜCÜ

Karmaşık bir akım devrenin çözülmesi sırasında, verilen bir düğümden gelen akımın sıkça sadece rezistörler içeren iki dala ayrıldığı durumla karşılaşılıyor. Bu iki dal kaynaklar içermiyor.



2.23 İki paralel dallı karmaşık bir devrenin parçası

I akımı düğüme geldiği zaman, I_1 ve I_2 akımlarına ayrılıyor. Elektrik devrenin bu parçası için I ve II Kirchhoff yasasını yazalım:

$$I - I_1 - I_2 = 0$$

$$+I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2 = 0$$

İkinci denklemden, örneğin I_2 akımını ifade edersek, şunu elde edeceğiz:

$$I_2 = \frac{I_1 \cdot R_1}{R_2} [A]$$

Ardından, bu ifadeyi birinci denklemde değiştirirsek, o zaman:

$$I = I_1 + \frac{I_1 \cdot R_1}{R_2} = I_1 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) = I_1 \cdot \left(\frac{R_2 + R_1}{R_2}\right) [A]$$

Buradan I_1 akımı için şu ifade elde ediliyor:

$$I_1 = \frac{I \cdot R_2}{R_2 + R_1} [A] \quad (2.16)$$

Bu denklem için **akım bölücü** formülünün türetildiğini diyoruz. Akım bölücüsü iki paralel dalın birindeki akımı tanımlıyor ve değeri ana akımın (düğüme gelen ve ayrılan akım) ve diğer paralel dalında bulunan rezistörün direncinin çarpımı ile iki paralel dalda dirençlerin toplamının bölümüne eşittir. Öteki akım aynı şekilde hesaplanabilir:

$$I_2 = \frac{I \cdot R_1}{R_2 + R_1} [A]$$

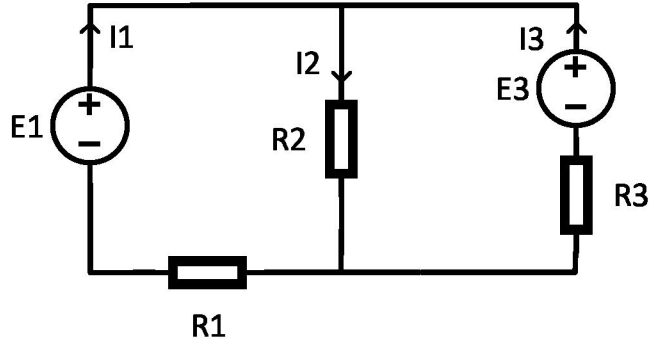
Çok daha basit şekilde I Kirchhoff yasası uygulanabilir, ve o zaman I_2 akımı şu şekilde hesaplanabilir:

$$I_2 = I - I_1 [A]$$

2.6 SÜPERPOZİSYON YÖNTEMİ

Karmaşık problemlerin, onunla beraber karmaşık akım devrelerin çözülmesinde yaygın olarak uygulanan yöntem süperpozisyonudur. Karmaşık devrelerin süperpozisyonla çözülmesi sırasında, devrenin en az iki kaynağı olması gerekiyor. **Süperpozisyona göre fazla kaynaklı karmaşık akım devresinde verilen dalda akan akım, kaynakların her biri ayrıdan etkilerken, aynı dalın bireysel akımlarının cebirsel toplamını tanımlamaktadır.**

İki kaynaklı karmaşık bir devre inceleyelim:



2.24 Süperpozisyonla tüm akımların belirleneceği karmaşık elektrik devresi

Bu devrede elemanların değerleri şunlardır:

$$E_1 = 120 \text{ V}$$

$$E_3 = 160 \text{ V}$$

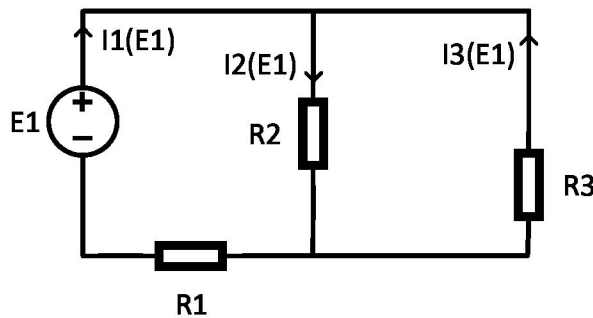
$$R_1 = 4 \ \Omega$$

$$R_2 = 5 \ \Omega$$

$$R_3 = 4 \ \Omega$$

Devredeki bireysel akımlar şekilde verilmiştir ve onların değerlerinin belirlenmesi gerekiyor:

İlk önce kaynaklardan biriyle devre çiziliyor, örneğin E_1 , diğer kaynaklar ise kapatılıyor (gerilim kaynağın kapatılması, gerilim kaynağının devreden çıkarılması ve yerine kısa bağlantının eklenmesi demektir). Böylece aşağıdaki elektrik devre elde ediliyor:



2.25 Sadece bir E_1 kaynaklı karmaşık akım devresi

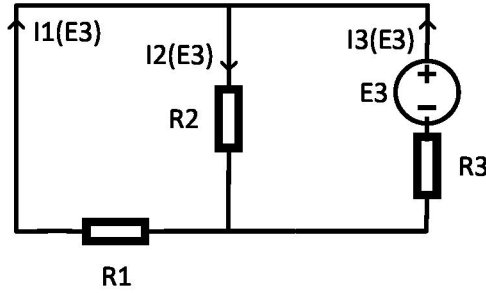
Bu devrede akımların, başlangıç şekilde olduğu gibi aynı yönleri vardır, tek fark devrede sadece E_1 kaynağı etkilerken aradığımız akım olduğunu bilmemiz için, endekslerde (E_1)'de eklenmesidir. Bu şekilde elde edilen devrede akımları hesaplanması çok daha basittir. Burada, akım hakkında şimdiye kadar öğrendiklerimizi uygulayarak, aşağıdaki değerleri elde ediyoruz.

$$I_1(E_1) = 19,3 [A]$$

$$I_2(E_1) = 8,6 [A]$$

$$I_3(E_1) = -10,7 [A]$$

Ondan sonra, tüm diğer kaynakları kapatarak, E_3 kaynaklı devre çiziliyor



2.26 Sadece bir E_3 kaynaklı karmaşık akım devresi

Bu devrede akımların, başlangıç şekilde olduğu gibi aynı yönleri vardır, tek fark devrede sadece E_3 kaynağı etkilerken aradığımız akım olduğunu bilmemiz için, endekslerde (E_3)'de eklenmesidir. Akımları hesaplanması aşağıdaki değerleri veriyor:

$$I_1(E_3) = -14,3 [A]$$

$$I_2(E_3) = 11,4 [A]$$

$$I_3(E_3) = 25,7 [A]$$

Devrede toplam akımlar, devre sadece kaynaklardan biri için hesapladığımız bireysel akımların cebirsel toplamıdır.

$$I_1 = I_1(E_1) + I_1(E_3) = 19,3 - 14,3 = 5 [A]$$

$$I_2 = I_2(E_1) + I_2(E_3) = 8,6 + 11,4 = 20 [A]$$

$$I_3 = I_3(E_1) + I_3(E_3) = -10,7 + 25,7 = 15 [A]$$

En sonunda, düğümde I Kirchoff yasasını uygulayarak, elde ettiğimiz sonucun doğru olup olmadığını kontrol edebiliriz

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

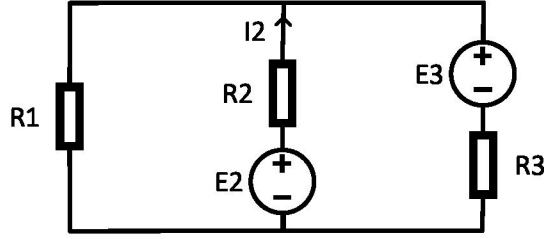
$$5 - 20 + 15 = 0$$

Böylece, süperpozisyon yöntemine göre yapılan hesaplamamızın doğru olduğunu onaylamış oluyoruz.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

27. R_2 rezistöründen akan akım hesaplınsın.

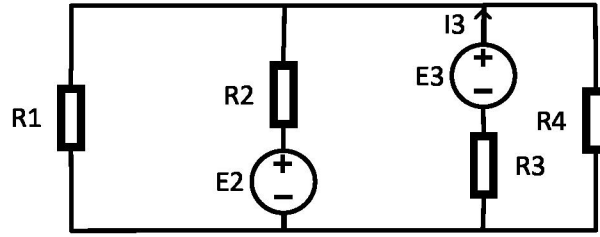
$$\begin{aligned} E_2 &= 100 \text{ V} \\ E_3 &= 80 \text{ V} \\ R_1 &= 12 \Omega \\ R_2 &= 10 \Omega \\ R_3 &= 20 \Omega \end{aligned}$$



$$I_2 = 4 \text{ [A]}$$

18. R_3 rezistöründen akan akım hesaplınsın

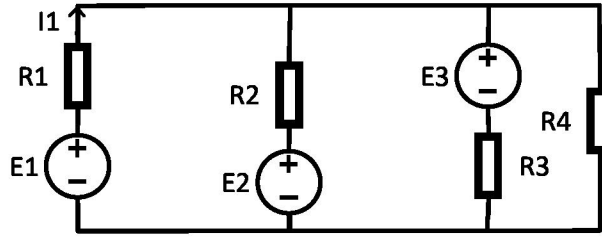
$$\begin{aligned} E_2 &= 10 \text{ V} \\ E_3 &= 12 \text{ V} \\ R_1 &= 1 \Omega \\ R_2 &= 5 \Omega \\ R_3 &= 7 \Omega \\ R_4 &= 5 \Omega \end{aligned}$$



$$I_3 = 1 \text{ [A]}$$

19. R_1 rezistöründen akan akım hesaplınsın

$$\begin{aligned} E_1 &= 90 \text{ V} \\ E_2 &= 30 \text{ V} \\ E_3 &= 40 \text{ V} \\ R_1 &= 9 \Omega \\ R_2 &= 4 \Omega \\ R_3 &= 4 \Omega \\ R_4 &= 2 \Omega \end{aligned}$$



$$I_1 = 2 \text{ [A]}$$

2.7 THEVENİN TEOREMİ

Karmaşık bir elektrik devrede sadece bir akımın belirlenmesi gerektiğinde, kullanmamız için en uygun Thevenin'in teoremi'dir. Bu teorem pratikte de en uygulanabilirdir. **Thevenin'in teoremine göre, A ve B olan iki kaynaklı bir devre, bir gerilim devresi E_T ve ona seri bağlı R_T rezistörden oluşan eşdeğer devreyle değiştirilebilir.** Bu teorem üç adımda gerçekleşir:

1. Aranılan akımın olduğu dal devreden çıkartılıyor. O dalın uçlarında A ve B noktaları işaretleniyor. Devrenin kalan kısmında şimdi değerleri başlangıç değerlerinde farklı akımları vardır ve genelde daha kolay hesaplanır. Ardından A ve B noktaları arasındaki gerilim hesaplanır. Bu gerilim, devrenin kalan kısmının ve **E_T Thevenin jeneratörü** olarak adlandırılan eşdeğer jeneratörün elektromotor kuvvetine eşittir ve bu arada

$$E_T = U_{AB}$$

2. Bu adımda elektrik devrenin kalan, AB dalsız kısmı yeniden çiziliyor ve devrede tüm kaynaklar kapatılıyor. Gerilim kaynakları kısa bağlantıyla değiştirilerek kapatılıyor. Şimdi devre sadece rezistörler içeriyor ve AB noktaları arasındaki R_{AB} eşdeğer direnci belirleniyor. R_T ile işaretlenen bu rezistör , **Thevenin rezistörü** olarak adlandırılıyor ve onun için şu geçerlidir:

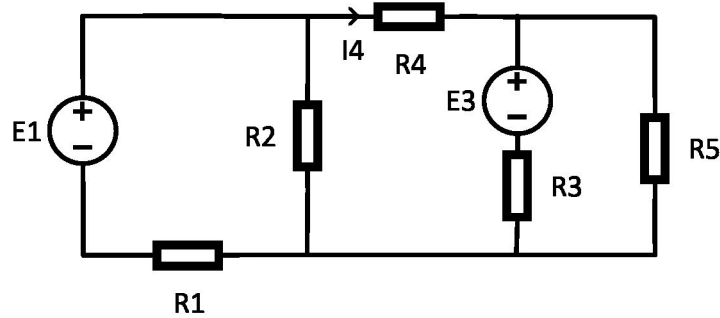
$$R_T = R_{AB}$$

3. Son adımda, dallanmamış, basit devre çiziliyor. A ve B noktaları işaretleniyor ve aralarında + , A noktasında olmak üzere E_T ve R_T rezistörü çiziliyor. Ondan sonra, A ve B arasında diğer taraftan çıkarttığımız, akımını aradığımız dal çiziliyor. Bu devrede akım, basit devre için genelleştirilmiş Ohm yasasıyla aranıyor:

$$I = \frac{\sum E}{\sum R} [A]$$

Elektromotor kuvvetleri akımın çıktığı işaretle yazılıyorlar.

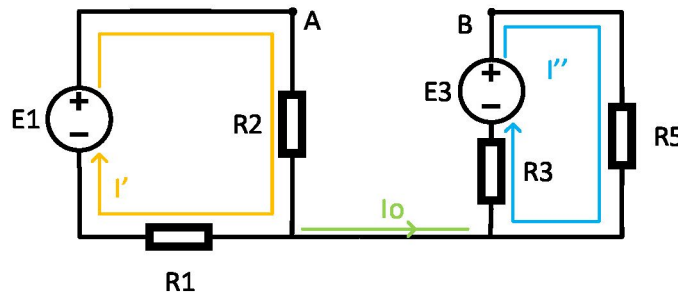
Thevenin teoreminin uygulanmasını, aşağıdaki devre için inceleyelim:



2.27 I_4 akımının belirlenmesi için Thevenin teoreminin uygulandığı karmaşık elektrik devre

R_4 rezistöründe akan I_4 akımı belirlensin.

1. A ve B noktalarını işaretliyoruz ve R_4 direncinin bulunduğu dalı çıkartıyoruz. Elektrik devresi şu şekli alıyor:



2.28 İlk adım, AB dalsız karmaşık elektrik devresi

I_0 akımının değeri sıfırdır ($I_0 = 0A$). Kalan iki akım şu şekilde hesaplanıyor:

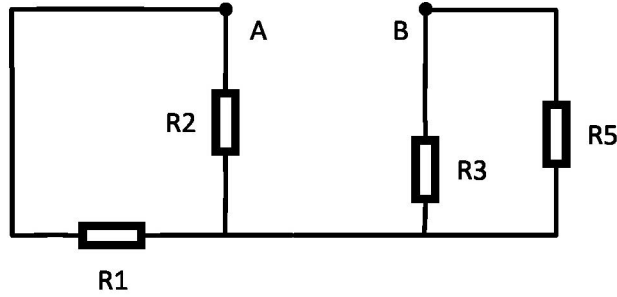
$$I' = \frac{E_1}{R_1 + R_2} [A]$$

$$I'' = \frac{E_3}{R_3 + R_5} [A]$$

A ve B noktaları arasındaki gerilim:

$$U_{AB} = R_2 \cdot I' + R_3 \cdot I'' - E_3 = E_T$$

2. Şimdi devreyi AB dalsız, jeneratörsüz yeniden çiziyoruz, ve devre aşağıdaki şekilde gösterilmiş olduğu gibi sadece rezistörler içerecek:



2.29. İkinci adım, AB dalsız ve jeneratörsüz karmaşık elektrik devre

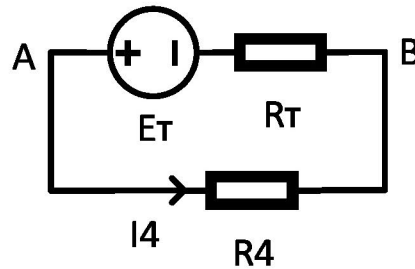
A ve B noktaları arasında rezistörler şu şekilde bağlıdır: R_1 ve R_2 paraleldir, R_3 ve R_5 paraleldir, onların eşdeğer dirençleri ise seri'dir. Bunu aşağıdaki şekilde yazıyoruz:

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} [\Omega]$$

$$R_{35} = \frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_5} [\Omega]$$

$$R_{AB} = R_T = R_{12} + R_{35} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_5} [\Omega]$$

3. A ve B noktaları arasında dallanmamış devre şudur:



2.30 AB dalını içeren eşdeğer devre ve eşdeğer Thevenin jeneratörü ve direnci

Bu basit devrede akım:

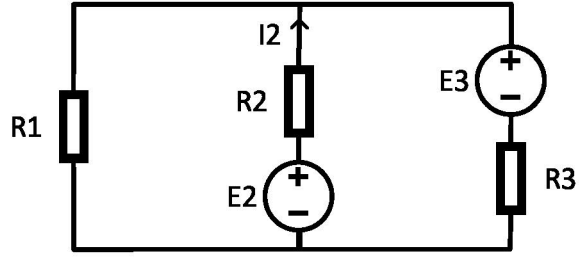
$$I_4 = \frac{E_T}{R_T + R_4} [A]$$

Thevenin teoremi, bir devrenin bir tüketiciye aktarabileceği en büyük gücün belirlenmesi için de kullanılır. **Tüketiciye maksimum güç, tüketicinin direnci Thevenin'in direncinin değerine eşit olduğu zaman iletiliyor.**

Alıştırma ÖDEVLERİ:

1. R_2 rezistöründen akan akım hesaplınsın.

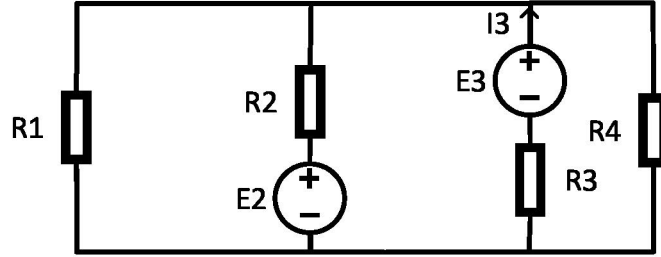
$$\begin{aligned} E_2 &= 100 \text{ V} \\ E_3 &= 80 \text{ V} \\ R_1 &= 12 \Omega \\ R_2 &= 10 \Omega \\ R_3 &= 20 \Omega \end{aligned}$$



$$I_2 = 4 \text{ [A] /}$$

2. R_3 rezistöründen akan akım hesaplınsın

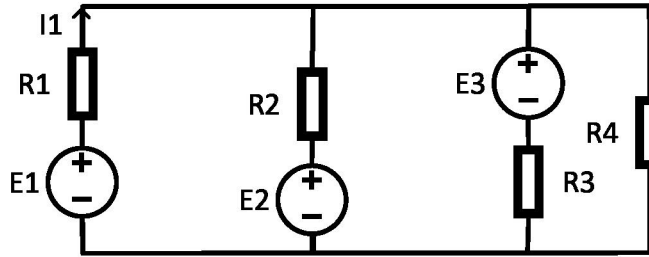
$$\begin{aligned} E_2 &= 10 \text{ V} \\ E_3 &= 12 \text{ V} \\ R_1 &= 1 \Omega \\ R_2 &= 5 \Omega \\ R_3 &= 7 \Omega \\ R_4 &= 5 \Omega \end{aligned}$$



$$I_3 = 1 \text{ [A] /}$$

3. R_1 rezistöründen akan akım hesaplınsın

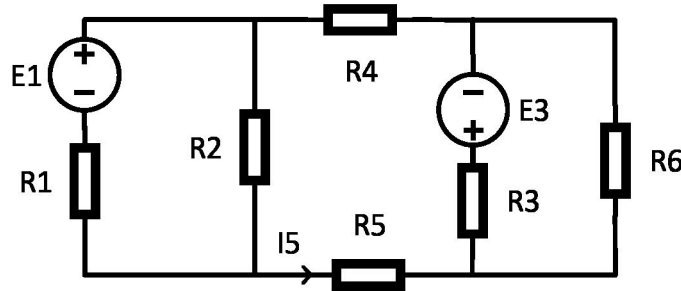
$$\begin{aligned} E_1 &= 90 \text{ V} \\ E_2 &= 30 \text{ V} \\ E_3 &= 40 \text{ V} \\ R_1 &= 9 \Omega \\ R_2 &= 4 \Omega \\ R_3 &= 4 \Omega \\ R_4 &= 2 \Omega \end{aligned}$$



$$I_1 = 2 \text{ [A] /}$$

4. R_5 rezistöründen akan akım hesaplınsın.

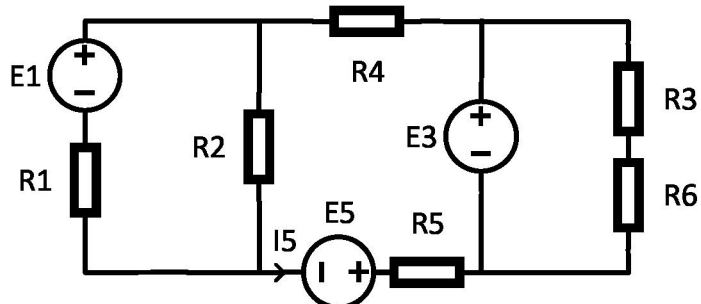
$$\begin{aligned} E_1 &= 10 \text{ V} \\ E_3 &= 15 \text{ V} \\ R_1 &= 4 \Omega \\ R_2 &= 1 \Omega \\ R_3 &= 2 \Omega \\ R_4 &= 10 \Omega \\ R_5 &= 9 \Omega \\ R_6 &= 3 \Omega \end{aligned}$$



$$I_5 = -0,5 \text{ [A] /}$$

5. R_5 rezistöründen akan akım hesaplınsın.

$$\begin{aligned} E_1 &= 10 \text{ V} \\ E_3 &= 26 \text{ V} \\ E_5 &= 12 \text{ V} \\ R_1 &= 10 \Omega \\ R_2 &= 15 \Omega \\ R_4 &= 4 \Omega \\ R_5 &= 25 \Omega \end{aligned}$$



$$I_5 = 2 \text{ [A] /}$$

3. MANYETİK ETKİLER

3.1 MANYETİK ENDÜKSİYON, GEÇİRGENLİK VE ELEKTROMİKNATIS

AKIMIN AKTIĞI İNCE DÜZ BİR İLETKEN YAKINLIĞINA MANYETİK ENDÜKSİYON VEKTÖRÜ

Manyetizm sözcüğü, Küçük Asya'da (Anadoluda), yakınlığında manyetit madenin bulunduğu Magnezya şehrin adından kaynaklanıyor.

Akımın aktığı bir iletken, etrafında manyetik iğne etkileyen, yani harekete geçirmeye özelliği olan bir alan oluşturuyor. Ampere'in buluşları akım aktığı iki iletken arasında kuvvetin bulunduğunu göstermiş ve iletkenlerden akan akımın yönüne bağlı olarak bu kuvvet çekici veya iticidir.

Bu kuvvetlerin özelliği elektrik akımının manyetik etkilerin sonucu olmasıdır, bu yüzden de bu kuvvetlere elektromanyetik kuvvetler denir. Manyetik olaylar, akımın aktığı iletkenlerin etrafındaki alanın kazandığı özelliklerin sonucudur. Bu alan özel bir fiziksel durumuna getirilir. Elektrik akımın aktığı iletken etrafındaki alanın bu özel durumuna **manyetik alan** denir. Böylece bu ifade iki yönlüdür: elektrik akımının aktığı iletken etrafında manyetik alan bulunuyor veya eğer manyetik alan varsa, bu alan elektrik akım manyetik etkisinin sonucudur.

Alanı açıklamamız için kullandığımız büyüklüğe manyetik endüksiyon (indüksiyon) denir, vektörü ise \vec{B} 'dir. Manyetik endüksiyon vektörünün yönü, akımın aktığı iletkene yakın yerleşen manyetik iğne'nin kuzey kutbunu göstereceği yön ile belirlenir.

Fransız bilim adamları Biot ve Savart, elektrik akımının aktığı, uzun (sonsuz uzun), ince, düz bir iletken inceliyor. Bu iki bilim adamı deneysel yolla manyetik alanın, yani iletken etrafında meydana gelen manyetik endüksiyon vektörünün yoğunluğunu ve yönünü belirliyor. Bu şekilde, manyetik endüksiyonun yoğunluğu (şiddeti) tanımlanmıştır:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} [T] \quad (3.1)$$

$B [T]$ – manyetik endüksiyon

$I [A]$ – İletkende elektrik akımının kuvveti

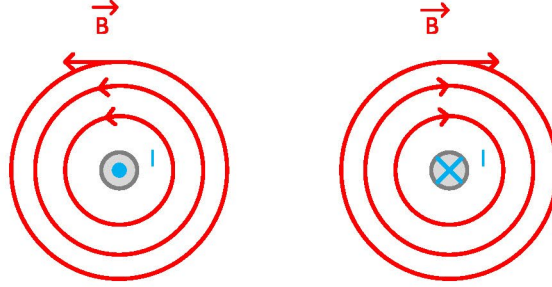
$r [m]$ – İletkenden manyetik endüksiyon vektörünün yoğunluğunu belirlediğimiz yere (noktaya) kadar olan mesafe

$\mu_0 [H/m]$ – vakumun manyetik geçirgenliği: $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} = 12,5664 \cdot 10^{-7} [H/m]$

Manyetik endüksiyonunun yoğunluğunu hesaplamak için kullanılan bu ifadeye **Biot-Savart yasası** denir.

\vec{B} manyetik endüksiyon vektörünün, sağ el kuralı olarak adlandırılan kuralla belirlenen doğrultusu ve yönü vardır.

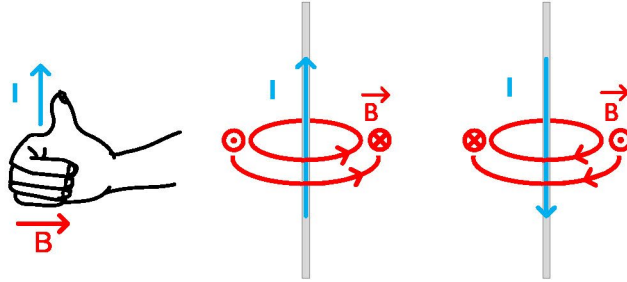
İletken gözlemediğimiz düzleme dik kurulunca, iletkenin akan elektrik akımının yönü ise düzlemde bize doğruysa, o zaman akımın yönü \cdot (nokta) ile tanımlanır, eğer yön gözlerimizden düzleme doğrusa, akımın yönü \times (iks) ile tanımlanır. Aşağıdaki şekilde gösterilmiş olduğu gibi akımın yönü, sağ elin uzanmış başparmağının yönüyle çakışıyor, manyetik endüksiyon vektörünün doğrultusu ve yönü ise sağ elin parmaklarıyla çakışıyor (sağ el kuralı):



3.1 Akımın gözlemlenen düzleme dik aktığı durumlarda, yönü ise düzlemde bize doğru ve bizden düzleme doğru olunca, sağ el kuralla belirlenmiş manyetik endüksiyon vektörü

Manyetik endüksiyon vektörü, merkezi ince, düz ve sonsuz uzun iletkenle eşleşen dairenin teğetinin yönünde yatmaktadır.

Eğer aynı iletkenleri, gözlemlenen düzlemde yatmış şekilde yerleştirirsek, şekil şöyle olacaktır:



3.2 Akımın yukarıya veya aşağıya aktığı iki durumda, manyetik endüksiyonu gözlemlenen düzleme dik olunca, sağ el kuralıyla belirlenmiş manyetik endüksiyon vektörü

Akımın yönü sağ elin uzanmış başparmağıyla çakışıyor, parmaklar ise manyetik endüksiyon vektörünün doğrultusu ve yönünü tanımlamaktadır.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

1. 8 A elektrik akımının aktığı ince iletkenin, iletkenin 5 cm uzaklıkta oluşan manyetik endüksiyonunun ne kadar olduğunu hesaplayın.

$$B = 0,000016[T] = 16[\mu T]$$

2. 20 mT manyetik endüksiyon, 1 mm uzaklıkta ne kadar akım oluşturuyor?

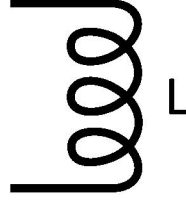
$$I = 100[A]$$

3. Düz bir iletkenin 8 A kuvvetinde elektrik akımından oluşan manyetik endüksiyonunun 16 mT ile etkilendiği mesafeyi hesaplayın.

$$r = 0,0001[m] = 0,1[mm]$$

AKIM AKTIĞI BOBİNDEN MANYETİK ENDÜKSİYON VEKTÖRÜ

Pratikte sıkça **bobin (sargı)**, ya da **solenoid** adını taşıyana farklı bir biçimi olan iletken de kullanılıyor. Bobin, iletkenin silindirik bir cisim etrafında sarılmasıyla elde edilen biçimdir. Bobin L ile işaretleniyor, sembolü ise şudur:



3.3 Bobin sembolü L

Tam sarmaların, tam bir dairenin oluşma sayısına sargı (sarıl öma) sayısı denir ve N ile işaretlenir, öyle bir sarılmayla ulaşılabacak uzunluk ise l ile işaretleniyor. Dairesel enine kesitli bobinin merkezinde oluşan manyetik endüksiyonunun belirlenmesi için ifadeyi Fransız fizikçi Puye deneysel yolla belirlemiş ve bu ifade aşağıda verilmiştir:

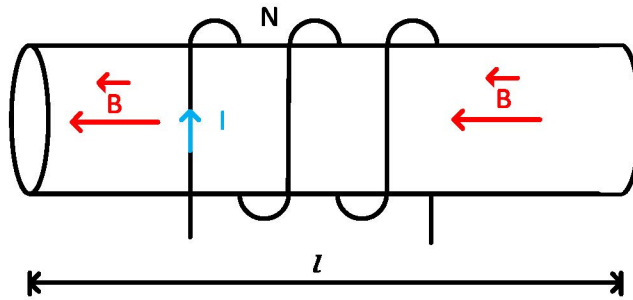
$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{l} [T] \quad (3.2)$$

$B [T]$ – **Puye yasası** olarak bilinen, bobinde manyetik endüksiyon

N – sargı sayısı, boyutsuz sayı

$I [A]$ – bobinde elektrik akımının kuvveti

$l [m]$ – bobinin uzunluğu



3.4 Bobinde manyetik endüksiyon vektörü, doğrultusu ve yönü

Manyetik endüksiyon vektörünün yönü, bobinin eksenine çakışıyor, doğrultusu ise sağ el kuralıyla belirleniyor. Burada sağ elin parmakları akımın aktığı yönde yönlendirilir, uzanmış başparmak ise manyetik endüksiyonun yönünü gösteriyor.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

4. 100 sıkı sarılmış sargıdan oluşmuş ve 20 A kuvvetinde elektrik akımın aktığı ve uzunluğu 25 mm olan bobinde oluşan manyetik endüksiyonu yoğunluğunun ne kadar olduğunu hesaplayın.

$$/ B = 0,10048[T] \approx 100[mT] /$$

5. 1 mm uzunluğunda 60 sargıdan oluşan bobinde, 2 μ T değerinde manyetik endüksiyon ne kadar akım oluşturuyor?

$$/ I = 0,0000265[A] = 26,5[\mu A] /$$

6. 400 sıkı sarılmış sargısı, 10 mA akım akan ve 160 μ T manyetik endüksiyon oluşturan bobinin uzunluğunu hesaplayın.

$$/ l = 0,0314[m] = 3,14[cm] /$$

MANYETİK GEÇİRGENLİK, BAĞIL MANYETİK GEÇİRGENLİĞİ

Şimdiye kadar yapılan incelemeler vakumda manyetik alanlarla ilgilidir. μ_0 sabiti vakumda manyetik özelliklerin karakteristiğidir. Pratikte ortam her zaman vakum değildir. Vakum olmayan ortamlarda meydana gelen değişiklikler uzun zaman incelenmiş ve manyetik endüksiyonun yönü ve doğrultusu aynı kaldığı, fakat manyetik alanın etkilediği ortam değişirse yoğunluğun da değiştiği sonucuna varılmış. Manyetik alana ortamın etkisini içeren büyüklüğe, malzemenin **manyetik geçirgenliği** veya **manyetik geçirimsizliği** denir, μ ile işaretlenir ve aşağıdaki ifadeyle hesaplanır:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r \left[\frac{H}{m} \right] \quad (3.3)$$

$\mu \left[\frac{H}{m} \right]$ – malzemenin manyetik geçirgenliği

$\mu_0 \left[\frac{H}{m} \right]$ – vakumda manyetik geçirgenliği

μ_r – Malzemenin **bağıl manyetik geçirgenliği**

μ_r 'ye sahip olan bir malzemede yerleşmiş düz bir iletkenin manyetik endüksiyonu şudur:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} [T]$$

μ_r 'ye sahip olan bir malzeme ile dolurulmuş bir bobinin manyetik endüksiyonu şudur:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N \cdot I}{l} [T]$$

μ_r 'nin değerine göre, yani malzemelerin manyetik özelliklerine göre, malzemeler aşağıdakilere ayrılabilir:

- $\mu_r < 1$ olduğu **diyamanyetikler**, bunlar manyetik alanı azaltan malzemelerdir;
- $\mu_r \geq 1$ olduğu **paramanyetikler**, bunlar vakumdan farklı olmayan, benzer özelliklere sahip olan malzemelerdir. Bu gruba hava da aittir;
- $\mu_r \gg 1$ olduğu **feromanyetikler**. Bazı malzemelerde μ_r 'nin değeri 100 000'den fazla olabilir. Feromanyetikler pratikte en çok kullanılan malzemelerdir.

Bobinin çekirdeğinde feromanyetik malzeme çekirdeği koyulunca, etrafında, çekirdeğin hava olduğu başlangıç değerinden μ_r kat daha büyük manyetik alan oluşturuyor. Bu şekilde elde edilen sistem **elektromıknatıs'tır**. Bobinin manyetik endüksiyon vektörünün çıktığı ucuna mıknatısın **kuzey kutbu (N)** denir, manyetik endüksiyonun girdiği tarafa ise mıknatısın **güney kutbu (S)** denir. Elektromıknatıs, mevcut bir mıknatısa sıkı olarak N sargı sarılarak ve ondan I akımı akıtılarak yapılabilir. Bu şekilde oluşan manyetik alan mevcut mıknatısın manyetik alanıyla eşleşmelidir ve bu şekilde onun kuvvetlendirilmesi gerçekleştirilebilir.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

7. 100 sıkı sarılmış sargıları, 6 A kuvvetinde elektrik akımının aktığı ve uzunluğu 8 mm olan bobinden oluşan manyetik endüksiyonun yoğunluğun ne kadar olacağını hesaplayın, eğer:
- a) Çekirdek havadan ise
 - b) Çekirdek bağıl manyetik geçirgenliği 12000 olan feromanyetik malzemedir ise
- Sonuç tartışılın.

$$\begin{aligned} \text{a) } B &= 0,0942[\text{T}] = 94,2[\text{mT}] \\ \text{b) } B &= 1130[\text{T}] = 1,13[\text{kT}] \end{aligned}$$

8. Demir çekirdekli, 250 sarıdan geçen, uzunluğu 1 mm olan ve manyetik geçirgenliği 2000 olan bobinden, 40 mT manyetik endüksiyon oluşturan akım ne kadardır?

$$I = 6,369 \cdot 10^{-5}[\text{A}] = 63,69 \cdot 10^{-6}[\text{A}] \approx 64[\mu\text{A}]$$

9. 400 sargısı olan, 3 mA akım akarak, 16 mT manyetik endüksiyon oluşturan bobinin uzunluğu hesaplanı. Bobinin bağıl manyetik geçirgenliği 800 olan feromanyetik çekirdeği var.

$$l = 0,07536[\text{m}] = 75[\text{cm}]$$

3.2 ELEKTRİKSEL VE MANYETİK BÜYÜKLÜKLER ARASINDAKİ BAĞIMLILIK

MANYETİK AKI

Bazı elektriksel büyüklükler, çok basit bir şekilde manyetik endüksiyonun akısı, veya sadece **manyetik akı** yardımıyla açıklanabilir. Alanı s olan yüzeyle kapsanmış B manyetik endüksiyonunla tanımlanmış bir manyetik alan inceleyeceğiz. Verilen yüzeyden geçen manyetik endüksiyon çizgilerinin sayısına manyetik akı denir. Manyetik akı denklemi şöyledir:

$$\Phi = B \cdot s \cdot \cos \alpha \quad [Wb] \quad (3.4)$$

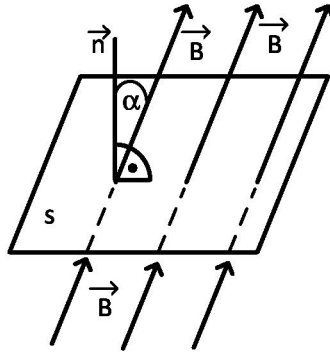
Φ [Wb] – manyetik akı, ölçü birimi Wb- Weber

B [T] – manyetik endüksiyon

s [m^2] – manyetik endüksiyonun geçtiği yüzeyin alanı

α - Manyetik endüksiyon vektörü ve s yüzeye normal (90°) vektörü (\vec{n}) arasındaki açı

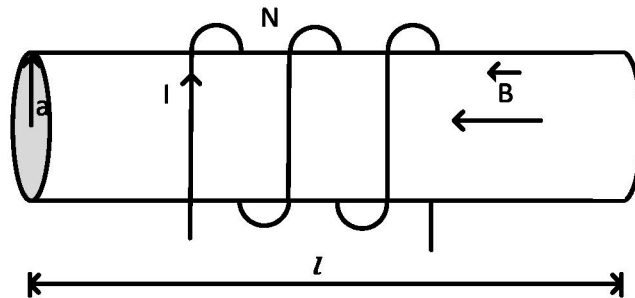
s (\vec{n})



3.5 Verilen yüzeyde manyetik akı

Manyetik akıyla, aslında, verilen yüzeyle kapsanmış manyetik endüksiyonun yoğunluğunu ifade ediyoruz.

Bobin'de, manyetik akı sadece bobinin içi ile belirleniyor. Bobinde açı her zaman $\alpha=0^\circ$ 'dir, s alanı ise dairesel enine kesitin alanıdır.



3.6 Boyutlarıyla verilmiş bobin

Sargıların her birinde manyetik akı olduğu yüzünden, s alanı sargıların sayısı N ile de çarpılmalıdır. Şekil 3.6'da olduğu gibi dairesel enine kesiti olan bobinde manyetik akı şudur:

$$\Phi = B \cdot s \cdot N \cdot \cos 0^\circ = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N \cdot I}{l} \cdot a^2 \cdot \pi \cdot N \text{ [Wb]}$$

Manyetik akının önemli bir özelliği, kapalı bir alanda akı her zaman 0 olmasıdır.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

10. Kenarı 1 cm olan, 5 T manyetik endüksiyonu olan manyetik alanda yerleşmiş kapalı karesel kontürde kapsanmış manyetik akı hesaplasın, eğer:

a) yüzey normali ve manyetik endüksiyon vektörü arasındaki açı 0° ise

b) yüzey normali ve manyetik endüksiyon vektörü arasındaki açı 90° ise

c) yüzey normali ve manyetik endüksiyon vektörü arasındaki açı 60° ise

Sonuç tartışılsın.

$$/ a) \Phi = 0,0005 \text{ [Wb]} = 0,5 \text{ [mWb]}$$

$$b) \Phi = 0 \text{ [Wb]}$$

$$c) \Phi = 0,00025 \text{ [Wb]} = 0,25 \text{ [mWb]}$$

11. Alanı $0,001 \text{ m}^2$ olan, normali manyetik endüksiyon vektörüyle paralel, ve akısı 40 mWb olan kapalı bir kontürde kapsanmış manyetik endüksiyon ne kadardır?

$$/ B = 40 \text{ [T]} /$$

12. 50 sargısı olan, 2 cm uzunluğunda çekirdekli, dairesel enine kesiti 1 mm, ve sargılardan 3 A akım akan bobindeki manyetik akıyı hesaplayın.

$$/ \Phi = 0,00000147 \approx 1,5 \text{ [\mu Wb]} /$$

13. 120 sargısı olan, 8 A akım akan ve uzunluğu 1,2 cm, akısı ise 160 mWb olan bobinin dairesel enine kesitinin yarıçapı belirlensin.

$$/ a = 0,065 \text{ [m]} = 6,5 \text{ [cm]} /$$

MANYETİK ALANIN KUVVETİ

Manyetik endüksiyonunun etkilediği ortam vakum değilse, alanın incelenmesi yeterli değildir. Bu yüzden yeni bir vektörel büyüklük, \vec{H} **manyetik alan kuvvetinin vektörü** tanımlanır. Bu vektörün yoğunluğu şu şekilde hesaplanır:

$$H = \frac{B}{\mu} \left[\frac{A}{m} \right] \quad (3.5)$$

$H \left[\frac{A}{m} \right]$ – manyetik alanın kuvveti

$B [T]$ – manyetik endüksiyon

$\mu \left[\frac{H}{m} \right]$ – malzemenin manyetik geçirgenliği

Manyetik alanın yönü ve doğrultusu, \vec{B} manyetik endüksiyonunun yönü ve doğrultusuyla aynıdır. Düz iletkenin manyetik alanı şudur:

$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \left[\frac{A}{m} \right]$$

Bobinin manyetik alanının yoğunluğu ise aşağıdaki ifadeyle belirlenir:

$$H = \frac{N \cdot I}{l} \left[\frac{A}{m} \right]$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

14. 10 A akımın aktığı düz iletkenin aşağıdaki mesafelerde oluşturduğu manyetik alanı hesaplınsın:

a) 1 cm

b) 1 dm

c) 1 m

Elde edilen sonuçlar tartışılınsın:

a) $H = 159[A/m]$

b) $H = 15,9[A/m]$

c) $H = 1,59[A/m]$ /

15. 2 mm uzaklıkta $4 \frac{A}{m}$ kuvvetinde manyetik alanı oluşturan düz iletkenden ne kadar akım akmaktadır?

$I = 0,05[A] = 50[mA]$ /

16. 1 cm uzunluğunda, 500 sargısı olan ve 4 A akım aktığı havalı bobinin oluşturduğu manyetik alanın kuvvetini hesaplayın.

$$H = 200000[A/m] = 200[kA/m]$$

17. 800 sargısı, uzunluğu 2,5 cm olan havalı bobinden 200 A/m manyetik alanı ne kadar elektrik akım oluşturuyor?

$$I = 0,00625[A] = 6,25[mA]$$

18. 80 sargıdan akan 8 A kuvvetinde elektrik akımdan 20 A/m manyetik alanın oluşturduğu bobinin uzunluğu belirlensin.

$$l = 32[m]$$

ELEKTROMANYETİK KUVVET

I elektrik akımının aktığı ve B manyetik endüksiyon manyetik alanında yerleşen iletkene etkileyen elektromanyetik kuvvet, aşağıdaki formülle ifade edilebilir.

$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha \quad [N] \quad (3.6)$$

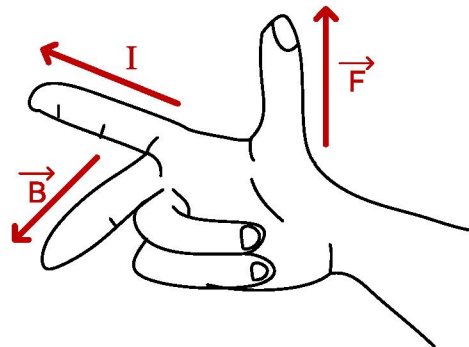
$F [N]$ – elektromanyetik kuvvet

$I [A]$ – iletken üzerinden akan elektrik akımının kuvveti

$l [m]$ – B manyetik endüksiyonu olan manyetik alanına yerleşen iletkenin uzunluğu

$B [T]$ – manyetik endüksiyon

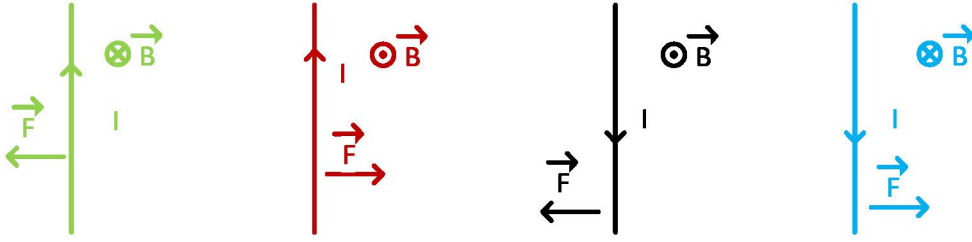
α - I akımının aktığı iletken ve B manyetik endüksiyonu arasındaki açı



3.7 Sağ el kuralı

Elektromanyetik kuvvet vektörel büyüklüktür (\vec{F}). Onun doğrultusu ve yönü **sağ el kuralıyla** belirlenir, öyle ki sağ elin uzanmış orta parmağı \vec{B} vektörüyle çakışıyor, işaret parmağı I akımının aktığı önde yönlendiriliyor, baş parmak ise \vec{F} kuvvetinin yönünü vermektedir.

α açısı (akımın yönü ile manyetik endüksiyon vektörü arasındaki açı) 90° olunca, (Şekil 3.8'de gösterilmiş 4 böyle durum olabilir) iletkene etkileyen en yüksek elektromanyetik kuvvet değeri elde edilir:



3.8 Akımın ve manyetik endüksiyonun yönüne bağlı olarak elektromanyetik kuvvetinin etkilediği olası yönler

Ödevlerde açının büyüklüğü belirtilmemişse, açının 90° olduğu varsayılıyor.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

19. 2 dm uzunluğunda, 5 A elektirik akımın aktığı ve 30 T manyetik endüksiyonu olan manyetik alanında yerleşen düz iletkene etkileyen hesaplınsın, eğer akım ve endüksiyon arasındaki açının aşağıdaki değerleri varsa:

- $\alpha = 0^\circ$
- $\alpha = 30^\circ$
- $\alpha = 90^\circ$

Elde edilen sonuçlar tartışılınsın:

/ a) $F = 0[N]$

b) $F = 15[N]$

c) $F = 30[N]$ /

20. 2 cm uzunluğunda, havada $4 \frac{kA}{m}$ kuvvetinde manyetik alanda yerleşmiş, ve üzerine 5 N kuvvetinde etkilediği düz iletkenden ne kadar akım akmaktadır?

/ $I = 498[A]$ /

21. 3 dm uzunluğunda , 6 A akımın aktığı düz iletkene 4 N değerinde kuvvete yol açan manyetik alanın kuvvetini hesaplayın.

/ $H = 1769285,209[A/m] \approx 1,77[MA/m]$ /

3.3 ENDÜKLENMİŞ ELEKTROMOTOR KUVVETİ VE ENDÜKSİYON

ENDÜKLENMİŞ ELEKTROMOTOR KUVVETİ

Şimdiye kadar öğrendiklerimizde, elektrik akımın etkisi altında manyetik alanın nasıl oluştuğunu gördük, fakat bu sürecin yönünü değiştirebiliriz, yani manyetik alanın etkisi altında elektrik akım oluşturabiliriz. Manyetik alanın etkisi altında elektrik alanın oluşmasına **elektromanyetik endüksiyonu** denir. Elektromanyetik endüksiyonu deneysel olarak İngiliz fizikçisi Faraday inceliyormuş. Faraday bir kontürün uçlarında oluşan elektromotor kuvvetini inceliyormuş. Bu elektromotor kuvveti (EMF), elektromanyetik endüksiyon etkisi altında oluşuyor, ve bu yüzden buna **endüklenmiş elektromotor kuvveti** diyoruz.

B_1 manyetik endüksiyona sahip manyetik alana yerleşmiş kapalı bir kontür incelediğimizde, kontür belirli bir alan s kapsıyor, yani onda t_1 anında gözlemlediğimiz Φ_1 değerinde manyetik akı bulunmaktadır. Akının değişmesi meydana gelirse, onun şimdi başka bir t_2 anında gözlemlediğimizde Φ_2 değeri olacaktır. O zaman kontürde aşağıdaki değerde elektromotor kuvveti endüklenecek:

$$e = E = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} [V] \quad (3.7)$$

Δ sembolü iki durum arasındaki farkı belirtiyor. $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ bölümüne akının değişme hızı denir. Buna göre, **Faraday yasası** şudur: bir kontürde endüklenmiş elektromotor kuvveti manyetik akının negatif değişme hızına eşittir. Faraday yasası, bir kontürde toplam endüklenmiş elektromotor kuvvetini belirliyor, fakat onun bireysel bölümleri için bilgi vermiyor. Bu yüzden kapalı kontür oluşturmayan iletkeneye uygulanamaz.

Bobinde endüklenen elektromotor kuvvetinin aynı şekli olacak, fakat sadece bir sargı için geçerlidir. Bobinin N sargısı olduğu yüzünden, toplam endüklenen elektromotor kuvveti N kat daha büyük olacaktır:

$$e = E = -N \cdot \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} [V]$$

LENZ YASASI

Lenz kuralı endüklenmiş elektromotor kuvveti yönünün pratik belirtilmesini veriyor. Bu kuralın uygulanması, endüklenmiş elektromotor kuvvetinin etkisi altında elektrik akımın oluşmasıyla ilgilidir.

Lenz kuralı, aslında, kapalı kontür ile kapsanan sabit akıyı sürdürme eğiliminde olan manyetik alan tarafından oluşturulan endüklenmiş elektromotor kuvvetinin etkisi altına oluşturulan elektrik akımını açıklamaktadır, yani akımın yarattığı alanı oluşturma nedenini iptal etme eğilimindedir.

Endüklenmiş elektromotor kuvveti sağ el kuralıyla elde ediliyor. Sağ elin uzanmış baş parmağı \vec{B} manyetik endüksiyon vektörünün yönüne kuruluyor, elin parmakları endüklenmiş elektromotor kuvvetinin, yani elektromotor kuvvetinin sonucu olarak akan elektrik akımının yönünü vermektedir. Her ikisinin aynı yönü vardır. Manyetik akı artınca, -(eksi) işaretinden dolayı, endüklenmiş elektromotor kuvvetinin yönü parmakların ters yönündedir, manyetik akının azalması sırasında ise, parmakların yönü endüklenmiş elektromotor kuvvetinin yönüyle çıkışıyor.

Faraday yasası, manyetik akının değişmesi meydana gelirse elektromotor kuvvetinin endükleneneğini göstermektedir. Manyetik akı aşağıdaki üç yolla değişebilir:

- Sistem duruklama durumundadır (statik sistem); bir elektromıknatısta değişken akım akar, bu akım değişken manyetik alan ve onunla beraber değişken akı oluşturuyor ve buna **statik endüksiyon** denir;
- Sistemde hareket var (dinamik sistem); kontür doğru çizgisel hareket ediyor veya dönüyor; dolayısıyla akının değişken değeri kapanıyor ve bu **dinamik endüksiyondur**;
- **Kombine endüksiyonu** olarak adlandırılan İki endüksiyonun kombinasyonu.

STATİK ENDÜKLENMİŞ ELEKTROMOTOR KUVVET

Statik elektromotor endüksiyonu için, önceden belirttiğimiz gibi, sargılarında değişken akımın akmasına izin vereceğimiz elektromıknatısın olması gerekiyor. Bu elektromıknatıs, etrafında, manyetik endüksiyonunun B değişken değeri olan manyetik alan oluşturuyor. Bu alana s alanlı kapalı kontür getirilirse, B'nin değişkenliği yüzünden değişken değeri olan Φ akıyı içerecektir. Faraday yasasına göre, manyetik akının değişme hızının negatif değerinin sonucu olarak, kontürde elektromotor kuvvet endüklenecek. Genelde endüklenmiş elektromotor kuvveti de zamansal değişken büyüklük olacaktır.

Verilen örnekte kontür durağan olduğu yüzünden, sistemin statik olduğunu ve **statik endüksiyonun** meydana geldiğini diyoruz, yani **statik endüklenmiş elektromotor kuvveti** meydana gelmiş.

Bazı mikrofonlar çalışmasında statik endüksiyonu kullanırlar.

DİNAMİK ENDÜKLENMİŞ ELEKTROMOTOR KUVVETİ

Manyetik endüksiyonu B olan homojen bir alanda, s alanlı kapalı kontür getirildiğinde, belirli bir Φ manyetik akısı içerecektir. Kontürü hareket ettirdiğimizde, manyetik endüksiyonun yoğunluğunun değişmesine yol açılacaktır, veya kontürü döndürürsek, α açısı değişiyor. Bu değişimin etkisi altında kontürde endüklenmiş elektromotor kuvveti meydana geliyor. Sistemi hareketliliği yüzünden, bu dinamik endüksiyondur, yani **dinamik endüklenmiş elektromotor kuvveti** meydana gelmektedir.

Dinamik endüksiyonla elektrik akımı oluşma prensibi hidro santrallerde, termo santrallerde, nükleer santrallerde, yel değirmenlerinde kullanılıyor. Elektrik santralleri, suyun kürekçiklere düşmesiyle, su buharının veya rüzgarın kanatçıkları hareket etmesiyle meydana gelen mekanik hareketi elektrik enejiye dönüştürüyorlar. Kürekçikler hareketli kapalı kontürle bağlıdır, kontür manyetik alanda yerleştirilmiştir ve onda elektromotor kuvveti endüklenerek elektrik enerji elde ediliyor. Mekanik hareket, ya da mekanik enerji, hareket eden kontürün uçlarında endüklenmiş elektromotor kuvveti meydana geldiği zaman elektrik enerjiye dönüşüyor.

ÖZENDÜKSİYON VE KARŞILIKLI ENDÜKSİYONUN ENDÜKLENMİŞ ELEKTROMOTOR KUVVETİ

Statik endüksiyonda, genelde elektromıknatıstan, yani değışken manyetik alan oluşturan değışken akımın aktığı bir bobinden oluşan bir devre vardır. Manyetik alan, elektromotor kuvveti endüklenerek kapalı kontürde değışken manyetik akı oluşturacak. Endüklenen elektrik alan şimdi değışken manyetik alanı oluşturan birincil devreye de etkileyecektir.

Bu olaylara endüksiyonlar denir. Bir devrede endüklenmiş elektromotor kuvvetinin oluşmasına, diğer devrede akım kuvvetinin değışmesinden dolayı, **karşılıklı endüksiyon** denir, devrede akım kuvvetinin değışmesinin sonucu olarak endüklenmiş elektromotor kuvvetinin oluşmasına ise **özendüksiyon** denir.

Özendüksiyon sonucu olarak endüklenmiş elektromotor kuvvetine, e_s özendüksiyonun elektromotor kuvveti denir, Faraday yasasına göre şöyle hesaplanır:

$$e_s = -\frac{\Delta\Phi_s}{\Delta t} [V]$$

e_s [V] – özendüksiyonun elektromotor kuvveti

$\Delta\Phi_s$ [Wb] – aynı devrede kapsanan manyetik akımın değışmesi

Özendüklenmiş elektromotor kuvvetinin, Lenz kuralıyla belirlenen yönü vardır. Buna göre, elektrik akımın arttığı devrede elektromotor kuvvetinin, akıma göre ters yönü olduğu elde ediliyor, ve tersi elektrik akımın azaldığı devrede, özendüksiyon elektromotor kuvvetinin akım ile aynı yönü vardır.

Özendüklemenin sonucu olarak, akım kuvvetinin ani değışme durumu olabilir. Özendüksiyon, özellikle kuvvetli elektrik akımların aniden kapanması sırasında görülür, büyük teknik sorunlara yol açabilir. Akım kuvvetinin hızlı değışiklikleri yüzünden, yüksek özendüksiyon elektromotor kuvvetleri meydana gelebilir. Bu yüksek elektromotor kuvvetleri cihazlara zarar verebilir, yoğun elektrik kıvılcımı olarak kendini gösterebilen anahtar kontakları arasında atılıma yol açabilir.

3.4 ENDÜKTANS VE ENERJİ

ÖZENDÜKTANS KATSAYISI

Manyetik alanın, yani manyetik endüksiyonun yoğunluğu, oluşmuş olduğu elektrik akımının kuvvetiyle doğru orantılıdır. Aynı orantılık manyetik akıyla da vardır. Onların bölümü şudur:

$$L = L_s = \frac{\Phi_s}{I} [H] \quad (3.8)$$

$L [H]$ – özendüksiyon katsayısı, ya da indüktans

$\Phi_s [Wb]$ – kendi manyetik akı

$I [A]$ – elektrik akımının kuvveti

Şekil 3.6'da gösterilmiş olduğu gibi dairesel enine kesitli bir bobinin endüktansı aşağıda gibi hesaplanır:

$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot I}{l} [T]$$

$$\Phi_s = \Phi = B \cdot N \cdot s = \frac{\mu \cdot N \cdot I}{l} \cdot N \cdot a^2 \cdot \pi [Wb]$$

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\frac{\mu \cdot N \cdot I}{l} \cdot N \cdot a^2 \cdot \pi}{I} = \frac{\mu \cdot N^2}{l} \cdot a^2 \cdot \pi [H]$$

Özendüksiyein katsayısı, elektriksel büyüklüklere **bağlı değildir**, bobin çekirdeğinin yapılmış olduğu malzemenin manyetik özelliklerine, sistemi geometrisine, uzunluğuna, enine kesitinde ve sargıların sayısına bağlıdır.

Özendüksiyon katsayısını, onun tanımlanmasını ve Faraday yasasını kullanarak, özendüksiyonun endüklenmiş elektromotor kuvveti için şunu yazabiliriz:

$$e = e_s = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{L \cdot \Delta I}{\Delta t} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} [V]$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

22. Bobinden akan elektrik akımının kuvveti 5 A'dir, bobinde ise 30 Wb değerinde manyetik akım oluşuyor. Bobinin endüktansı hesaplınsın.

$$/ L = 6[H] /$$

23. Havalı dairesel enine kesitinin yarıçapı 1 mm, 400 sargısı ve uzunluğu 2 cm olan bobinin endüktansı (özendüksiyon katsayısı) hesaplınsın.

$$/ L = 0,00003155[H] = 31,55[\mu H] /$$

24. 2mH endüktansa sahip olan bobinin uzunluğu hesaplınsın. Bobinin 300 sıkı sarılmış sargısı var, enine kesitinin yarıçapı ise 1 cm'dir.

$$/ l = 0,0177[m] = 1,77[cm] /$$

25. Endüktansı 250 μ H, uzunluğu 2dm ve sargıların sayısı 180 olan bobinde dairesel enine kesitin yarıçapını hesaplayın.

$$/ a = 0,01978[m] = 19,78[mm] \approx 20[mm] /$$

26. Endüktansı 25 mH, dairesel enine kesitin yarıçapı 4 cm ve uzunluğu 0,8 dm olan bobinde sargıların sayısını belirleyin.

$$/ N^2 = 316949,9777; N = 563 /$$

27. Endüktansı 9 H olan bobinden, 2 s süresi içinde 4 A için akım değişikliği oluşmuştur. Endüklenmiş elektromotor kuvveti hesaplınsın.

$$/ e_s = -18[V] /$$

KARŞILIKLI ENDÜKTANS KATSAYISI

İki elektrik devresi olunca ve ikisinden I_1 ve I_2 elektrik akımları akarsa, birinci devredeki manyetik akı birinci devrede akan akımdan ve ikinci devrede akan akımdan oluşacaktır. Birinci devrede birinci akımdan oluşan akıyı Φ_{11} ile işaretleyeceğiz, birinci devreye etkileyen ikinci akımdan oluşan akı Φ_{12} olacak. Birinci devrede toplam akı aşağıdaki gibi olacak:

$$\Phi_1 = \Phi_{11} + \Phi_{12} = L_1 \cdot I_1 + L_2 \cdot I_2 [Wb]$$

Φ_{12} manyetik akısı ve I_2 akımı arasındaki orantılılık şu olacak:

$$L_{12} = \frac{\Phi_{12}}{I_2} [H]$$

$L_{12} [H]$ – karşılıklı endüksiyon katsayısı

$\Phi_{12} [Wb]$ – karşılıklı akı, birinci devrede I_2 akımın oluşturduğu akı

$I_2 [A]$ – akım devresinde elektrik akımın kuvveti

Özendüksiyon katsayısında olduğu gibi, karşılıklı endüksiyon katsayısı da akıma **bağlı değildir**, ortama, biçime ve devrelerin geometrisi ile devrelerin karşılıklı pozisyonuna bağlıdır.

$$L_{12} = \frac{\Phi_{12}}{I_2} = \frac{\frac{\mu \cdot N_2 \cdot I_2 \cdot N_1 \cdot a^2 \cdot \pi}{l}}{I_2} = \frac{\mu \cdot N_2 \cdot N_1}{l} \cdot a^2 \cdot \pi [H]$$

$$L_{21} = \frac{\Phi_{21}}{I_1} = \frac{\frac{\mu \cdot N_1 \cdot I_1 \cdot N_2 \cdot a^2 \cdot \pi}{l}}{I_1} = \frac{\mu \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot a^2 \cdot \pi}{l} [H]$$

$$L_{12} = L_{21} = M$$

Karşılıklı endüksiyon katsayısı bazen M ile de işaretleniyor. Pratikte, karşılıklı endüksiyon katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanıyor:

$$L_{12} = L_{21} = M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2} [H] \quad (3.9)$$

k – endüktif bağlanma (kuplaj) katsayısı, boyutsuz sayı ($k \leq 1$), değeri ise iki devre arasındaki uzaklığa ve devrelerin pozisyonuna bağlıdır.

Ortak manyetik alanı olan devreler için **endüktif bağlı devreler** olduklarını diyoruz. Pratikte, bu olay transformatörlerde kullanılmıştır. Transformatörler, ortak çekirdekte iki bobinin yerleşmiş olduğu cihazlardır. Onlarda, birinci bobinden alternatif akım akınca, bu akım çekirdekte manyetik endüksiyonunun alternatif özelliği olan manyetik alan oluşturuyor. İkinci bobin, birinci bobinin manyetik endüksiyonunun etkisiyle kapsanır, çünkü aynı çekirdekte bulunuyor. Bu, ikinci bobinin uçlarında elektromotor kuvvetinin endüklenmesine yol açan manyetik akı oluşturacak

Alıştırma ÖDEVLERİ:

28. Dairesel enine kesitin yarıçapı 1,6 mm ve uzunluğu 12 cm olan ortak çekirdekte, 150 ve 250 sargılı iki bobin sarılmıştır. Karşılıklı endüktans katsayısı belirlensin.

$$/ L_{12} = 0,000003155[H] = 3,155[\mu H] /$$

29. Birinci bobinin 3 mm yarıçaplı dairesele enine kesitli havalı çekirdekte sarılmış 400 sargısı varsa, ve çekirdeğin uzunluğu 4 cm ise, ikinci bobinde sargıların sayısı hesaplansın. Karşılıklı endüktans katsayısı 20 mH'dir.

$$/ N_2 = 56347 /$$

30. Karşılıklı endüktans sayısı 5 mH olan bobinin çekirdeğinin uzunluğu hesaplansın. Bobinler 400 ile 200 sıkı sargılıdır, enine kesitin yarıçapı ise 8 mm'dir.

$$/ l = 0,004[m] = 4[mm] /$$

31. Karşılıklı endüktans katsayısı 5 μH , uzunluğu 6 dm ve sargıların sayısı 140 ve 160 olan bobinde dairesele enine kesitin yarıçapını hesaplayın.

$$/ a = 0,0058[m] = 5,8[mm] /$$

3.5 ELEKTROMANYETİK ENERJİ

Devrede bobin açıldığında, kaynağın elektromotor kuvveti, devrenin direncine bağlı olan elektrik akımı oluşturma eğilimindedir. Bobin buna elektromotor kuvveti endükleyerek karşı çıkıyor, yani kaynağın endüklenen EMF'in aşması için belirli bir iş yapması gerekiyor.

Manyetik alan enerjisine dönüşen enerji, aslında, devrede özendüksiyon elektromotor kuvvetinin oluşmasına yol açan akımın değişmesidir. Bu değişiklikler çok sayıda adımda gerçekleşmektedir, öyle ki bu hesaplamaların yapılması için matematiksel araç karmaşıktır. Bobinde elektromanyetik enerji için formül aşağıda verilmiştir:

$$W_m = \frac{\Phi \cdot I}{2} [J] \quad (3.10)$$

$W_m [J]$ – elektromanyetik alan enerjisi

$\Phi [J]$ – Bobinle kapsanan akı

$I [A]$ – Bobindeki elektrik akımı

Manyetik enerjinin hesaplanması için başka bir şekil şudur:

$$W_m = \frac{L \cdot I^2}{2} [J]$$

$L [H]$ – Bobinin özendüksiyon katsayısı

Alıştırma ödevleri

32. Endüktansı 7 H ve ondan 8 A kuvvetinde akım akan bobinin manyetik enerjisi hesaplanın.

$$/ W_m = 224[J] /$$

33. Endüktansı 10 mH olan ve 31,25 mJ manyetik enerjinin geliştiği bobinden akan akımın kuvveti hesaplanın.

$$/ I = 2,5[A] /$$

34. Çekirdeğin uzunluğu 12 cm ve enine kesitin yarıçapı 2 mm olan bobinin 200 sarğısı vardır. Sarğılardan 8 A kuvvetinde akım akarsa, onda gelişen manyetik enerji hesaplanın.

$$/ L = 5,26[\mu H]; W_m = 0,000168[J] = 168[\mu J] /$$

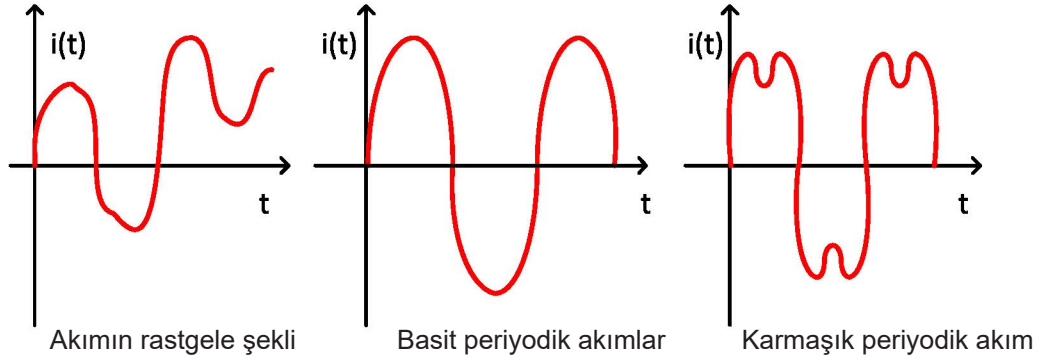
4. ALTERNATİF AKIMLAR

4.1 ALTERNATİF BÜYÜKLÜKLER, ÖZELLİKLERİ VE FAZÖRLER

ALTERNATİF BÜYÜKLÜĞÜN ANLIK DEĞERİ

Alternatif (değişken) büyüklüklerle ilgili buluşlar ve onları üretme, dağıtma olanağı ve daha hesaplı uygulanması, alternatif akımları sabit akımlara kıyasen daha yaygın kullanma durumuna getirmiş.

Bir tüketicinin uçlarındaki elektrik gerilimi, gerilime ve onun özelliklerine **doğru orantılı** bağlı olan elektrik alanına yol açmaktadır. Buna göre, değişken gerilimin kurulmasıyla,değişken akımın akmasına neden olan değişken elektrik alanı da meydana gelecek. Elektrik akımı kuvvetini ve yönünü değiştirdiği zaman **alternatif akım** söz konusudur. Alternatif akım için, t zamanına bağlı olan değişken şekli olduğunu diyoruz. Böyle büyüklükleri diyagramda gösteriyoruz, öyle ki apsis (x-ekseni) t zamanını tanımlıyor, ordinat (y-ekseni) ise alternatif büyüklüğü tanımlıyor. Her anda ordinat ekseninin okunabildiği büyüklüklere, **anlık değer** denir.



4.1 Değişken elektrik akımın biçimleri

Alternatif akımının:

- Her zaman anında rastgele biçimi ve farklı değeri olabilir. Böyle biçim konuşma- da, müzikte, doğadaki seslerde vardır;
- Belirli zaman aralığında alternatif akımın biçimi ve değeri tekrarlanan periyodik biçimi olabilir. Böyle biçim elektrik dağıtım şebekesinin güç kaynağında vardır. Periyodik akımlar iki kategoriye ayrılıyor:
 - ❖ **Basit periyodik akımlar** – değişmesi sinüs kanununa göre gerçekleşen alter- natif akım

- ❖ **Karmaşık periyodik akımlar**, periyodiklikleri var, fakat sinüsoit kısımları yoktur. Böyle karmaşık akımlar her zaman birkaç basit periyodik işlevlerin toplamı olarak tanımlanırlar.

Bizim ağda basit periyodik alternatif akımın kendi pozitif ve negatif kısımları vardır. Kendi yönleri olan elektrik akımı ve elektrik gerilimi için alternatif bir devrenin işaretlenmesinde, + ile işaretlenecek ve bu yöne **referans yön** denir ve alternatif büyüklüklerin pozitif kısmına uygundur.

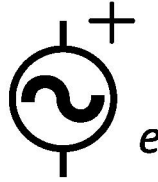
Alternatif akım elektrik taneciklerin iletkende yönlendirilmiş salınımlı harekettir. Alternatif akımlarda, elektronlar sabit akımlarda olduğu gibi jeneratörün bir kutbundan diğerine doğru hareket **etmiyor**, onlar iki ana durum arasında, ya da daha doğrusu ortalama değeri etrafında salınırlar (titreşirler).

ALTERNATİF BÜYÜKLÜKLERİN ÖZELLİKLERİ

Elektroteknikte, basit periyodik akımların en büyük önemi vardır. Bir iletken, B manyetik endüksiyonlu manyetik alanda hareket ettiği zaman, onda aşağıdaki şekilde elektromotor kuvveti endüklenir:

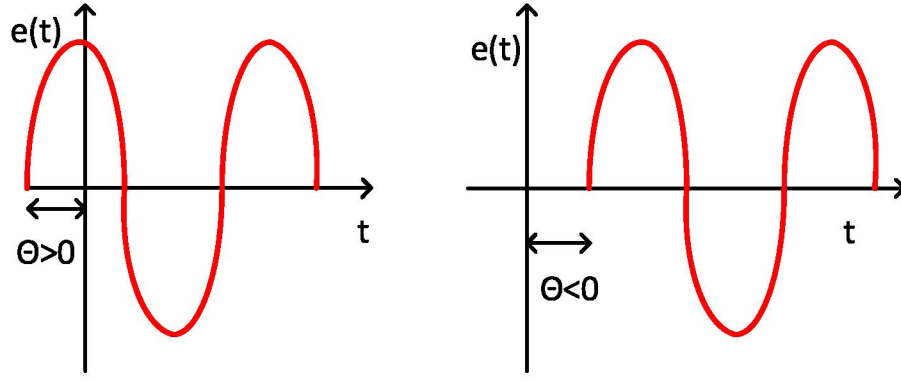
$$e = E_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta) [V] \quad (4.1)$$

Alternatif, basit periyodik büyüklüğün kaynağının tanımlandığı sembol şudur:



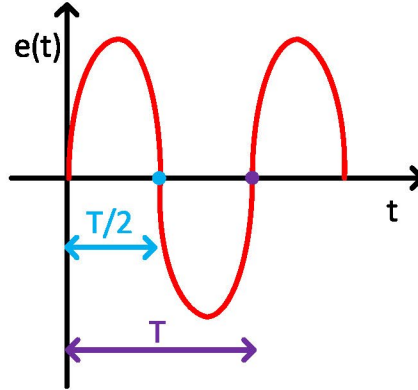
4.2 Alternatif elektromotor kuvveti kaynağı sembolü

Parantezdeki ifadeye $(\omega \cdot t + \theta)$ **alternatif büyüklüğün fazı** denir, θ (teta) açısına ise **başlangıç fazı** denir. Faz Yunan biz sözcüğüdür ve görünüm demektir, yani faz alternatif büyüklüğün görünümünü tanımlamaktadır. Gerilimlerde başlangıç fazı θ ile işaretlenir, akımlarda ise başlangıç fazı ψ (psi) ile işaretlenir. Başlangıç fazı, ismi de söylediği gibi, sinüsoidin başladığı yeri belirliyor. Başlangıç fazı pozitifse, sinüsoit koordinat başlangıcının faz değeri için solunda başlıyor, başlangıç fazı negatif sayı ise, sinüsoidin başlangıcı faz değeri için sağ tarafa kaydırılıyor.



4.3 Basit periyodik büyüklükte (gerilimde) başlangıç fazı

Alternatif büyüklüğün bir salınımın yapması için gerekli süreye **periyot** denir. Periyot ayrıca yoğunluğun ve yönüne tamamen değişiminin gerçekleştirilmesi için gereken süre olarak da tanımlanabilir. Periyot T harfiyle işaretleniyor ve saniyelerle ölçülüyor $T[s]$. Bu sürenin yarısına yarım periyot denir.



4.4 Basit periyodik büyüklükte (gerilimde) periyot ve yarım periyot

Sinüsoidal sinyalin birinci yarım periyodunda, değişiklik bir yönde gerçekleşir, ikinci yarım periyotta ise değişiklik ters yöndedir. Alternatif büyüklük bir periyotta iki kez kendi yönünü değiştiriyor. Sinüsoidal sinyalin periyodu T , radyan olarak $T = 2 \cdot \pi [rad]$ şeklinde ifade ediliyor.

Zaman biriminde periyotların sayısı sinüsoidin değiştiği hız yani bir periyodun süresine bağlıdır. Tüm değişikliklerin sayısı, yani bir saniye içinde sinüsoidlerin sayısına **frekans** denir, f ile işaretleniyor ve Hz (hertz) ile ölçülüyor.

$$f = \frac{1}{T} [Hz] \quad (4.2)$$

1 Hz 'lik frekans bir sinüsoid, 1 saniye içinde bir değişiklik demektir.

Avrupada güç kaynağı şebekesinin gerilim frekansı standarttır ve 50 Hz değerindedir, ABD ise 60 Hz 'tir. Örnek olarak, insan kulağı 20 Hz 'ten 20 kHz 'e kadar frekansları algılıyor, radyo yayıncılığı 100 kHz ile 1000 MHz frekans aralığındadır, radarlar 1 GHz 'ten 20 GHz aralığında çalışıyor.

Bir açının tanımlandığı hıza, yani açığa ulaşılması için gereken zamana **açı hızı** denir, ω (omega) ile işaretlenir, ölçü birimi ise rad/s (saniyede radyanlar),

$$\omega = \frac{\alpha}{t} \left[\frac{rad}{s} \right]$$

Elektroteknikte açılar rad (radyan) ile ifade ediliyor. Bütün bir daire, ya da 360° , 2π (rad) tanımlamaktadır. Derece ile ifade edilen ile radyan ile ifade edilen bağımlılık şöyledir:

$$\alpha[rad] = \frac{\alpha[^\circ] \cdot \pi}{180}$$

a için tam bir dönüş, ya da 2π değiştirirsek, süre için bu bir periyot T 'dir, şunu elde ediyoruz:

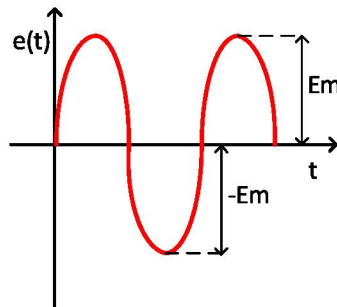
$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f \left[\frac{rad}{s} \right] \quad (4.3)$$

Bu ifade **daireysel frekansı** olarak bilinen açısal, veya faz hızını belirliyor. Endüklenmiş elektromotor kuvveti ifadesinde, ω 'yı değiştirirsek, şu ifade elde edilecek:

$$e = E = E_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta) = E_m \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \theta) = E_m \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{T} + \theta\right) [V]$$

Bir basit periyodik büyüklüğün gözlemlenen değer sürekli olarak farklı değerdedir. Belirli bir anda, zamanda olan değere **anlık değer** denir. Anlık değerler küçük latin harfleriyle işaretlenir. Gerilim için u , elektrik akım için i , endüklenmiş elektromotor kuvveti için e işaretlenmesi kullanılır.

Bir basit periyodik büyüklüğün, bir pozitif yarım periyotta incelediğimiz zaman, tüm anlık değerlerden daha büyük değeri olduğu fark ediliyor. Bu en büyük değere **maksimum değer** denir, veya fizikte ve matematikte **genlik (amplitüt)** olarak bilinir. Maksimum değer işaretlenmesi büyük latin harfleriyle ve m endeksiyle yapılır, gerilimin genliği U_m , elektrik akımın I_m , endüklenmiş elektromotor kuvvetin E_m 'dir. Aynı değer negatif periyotta da elde edilir ve onda en küçük değeri vardır, yani negatif değerinden dolayı, negatif periyodun genliği en küçük değeri tanımlamaktadır.



4.5 Basit periyodik sinyalin genliği

Bir alternatif değerın tamamen belirlenmesi için, onun karakteristik büyüklükleri bilinmelidir:

- Maksimum değer
- Frekans, ya da periyot
- Başlangıç fazı

Alıştırma ÖDEVLERİ:

1. Aşağıdaki basit periyodik sinyallerin sinüsoidal sinyalleri çizilsin:

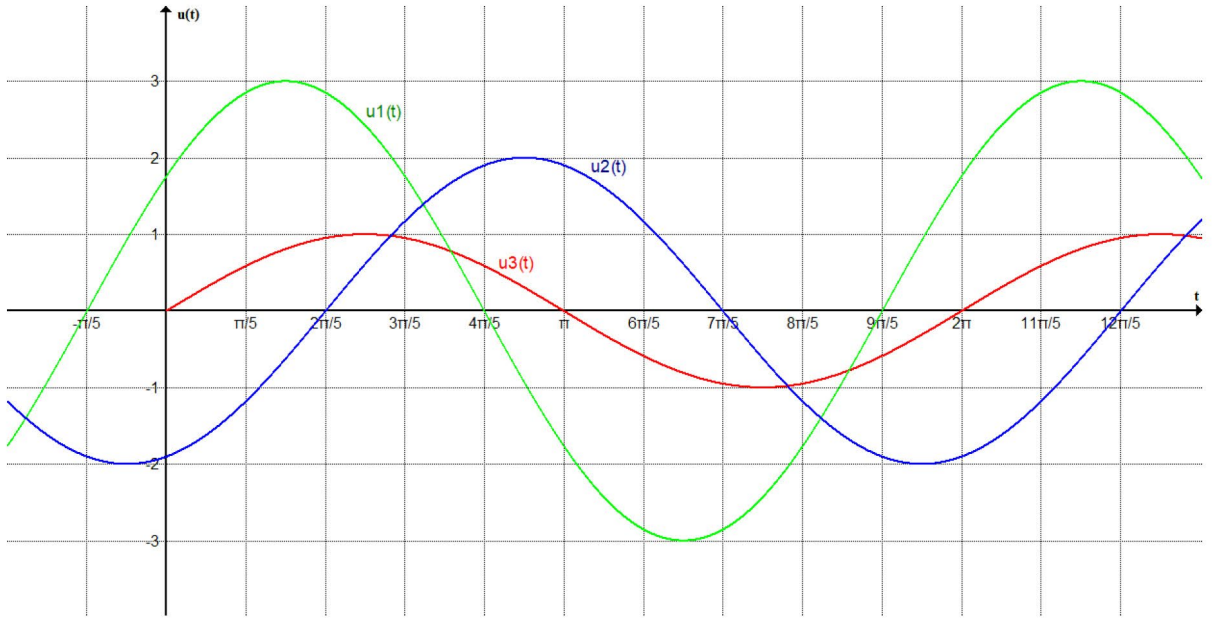
$$u_1 = 10 \sin(\omega \cdot t + 90^\circ)$$

$$u_2 = 8 \sin(\omega \cdot t - 45^\circ)$$

$$u_3 = 5 \sin(\omega \cdot t + 180^\circ)$$

$$u_4 = 15 \sin(\omega \cdot t)$$

2. Aşağıdaki çizimde gerilimin maksimum değerinin, periyodun, frekansın ve bağlan-gıç fazın değerleri okunsun ve gerilimlerin anlık değerleri yazılsın



$$/ u_1(t) = 3 \cdot \sin\left(1 \cdot t + \frac{\pi}{5}\right) [V], u_2(t) = 2 \cdot \sin\left(1 \cdot t - \frac{2 \cdot \pi}{5}\right) [V], u_3(t) = 1 \cdot \sin(1 \cdot t) [V], /$$

ETKİN DEĞER

Her günlük kullanımda, anlık değerlerle çalışmak hiç pratik değildir çünkü onların zamanın her anında farklı değerleri vardır. Genlik de bir periyotta sadece iki kez meydana gelmesi nedeniyle pratik değildir. En pratik yol akımların ısı etkisiyle çalışmaktır, çünkü o ne frekansla, ne akımın yönü ve doğrultusuyla bağlı değildir, bu da tüketicinin direncinin üstesinden gelmesi için harcanan enerjidir. Aynı tüketicide alternatif akımın geliştirdiği ısı enerjiye her zaman eşit enerjiyi geliştiren doğru akım seçilebilir. Bu akımlar için ısı enerjilerine göre eşit olduklarını diyoruz.

Alternatif akımı etkin (efektif) değeri aynı tüketici üzerinden alternatif akımla aynı miktarda ısı geliştiren sabit kuvvette sahip eşdeğer akımdır.

Alternatif büyüklüklerin etkin değerleri büyük latin harfleriyle işaretlenir. Gerilim için U, elektrik akımı için I, endüklenmiş elektromotor kuvveti için ise E kullanılır. Genel ölçüm aletleri alternatif büyüklüklerin etkin değerlerini gösteriyor.

Basit periyodik düzende ısıya dönüşen tüketicinin gücü şudur:

$$P = R \cdot i^2 = R \cdot I_m^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t) [W]$$

Bu güç, R tüketicisinde gelişen, T tabanlı ve $\frac{I_m^2}{2}$ yüksekliği olan dikdörtgenin alanına eşittir. Buradan şunu elde ediyoruz

$$P = \frac{I_m^2}{2} \cdot T \cdot R [W]$$

Verilen zaman aralığında, rezistörden akan doğru akımın akması sırasında oluşan ısı eneji, aşağıdaki denklemlerle verilmiştir:

$$P = I^2 \cdot R \cdot T [W]$$

Bu iki güç eşit olmalıdır

$$\frac{I_m^2}{2} \cdot T \cdot R = I^2 \cdot R \cdot T$$

Buradan şunu elde ediyoruz:

$$I^2 = \frac{I_m^2}{2}$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \cdot I_m [A] \quad (4.4)$$

Etkin değer, alternatif büyüklüğün maksimum değerinden, yani genliğinden $\sqrt{2}$ kat daha küçük olduğunu tanımlıyoruz.

Gerilimin etkin değeri:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} [V]$$

Buna uygun olarak, endüklenmiş elektromotor kuvveti şudur:

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} [V]$$

Alternatif büyüklüklerin anlık değerlerini etkin değerleriyle ifade edilmesi sıkça daha pratiktir:

$$e = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta) [V]$$

$$u = U \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta) [V]$$

$$i = I \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi) [A]$$

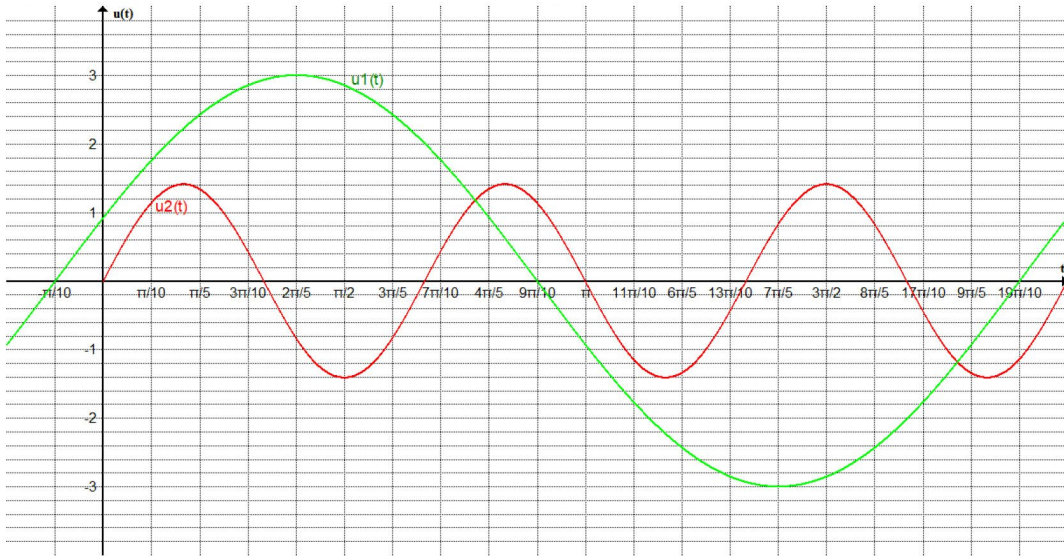
Alıştırma ÖDEVLERİ:

3. Verilen gerilimlerin her biri için maksimum değerleri okunsun ve ardından her biri için etkin değerleri hesaplansın:

- a) $u_1 = 10 \sin(\omega \cdot t + 90^\circ)$
 b) $u_2 = 8 \sin(\omega \cdot t - 45^\circ)$
 c) $u_3 = 5 \sin(\omega \cdot t + 180^\circ)$
 d) $u_4 = 15 \sin(\omega \cdot t)$

- / a) $U_{1m} = 10V, U_1 = 7V$
 b) $U_{2m} = 8V, U_2 = 5,66V$
 c) $U_{3m} = 5V, U_3 = 3,5V$
 d) $U_{4m} = 15V, U_4 = 10,6V$ /

4. Aşağıdaki çizimde her alternatif büyüklük için maksimum değerlerinin, periyotların, frekansların ve başlangıç fazların değerleri okunsun, anlık ifadeleri yazılsın ve etkin değerleri hesaplansın.

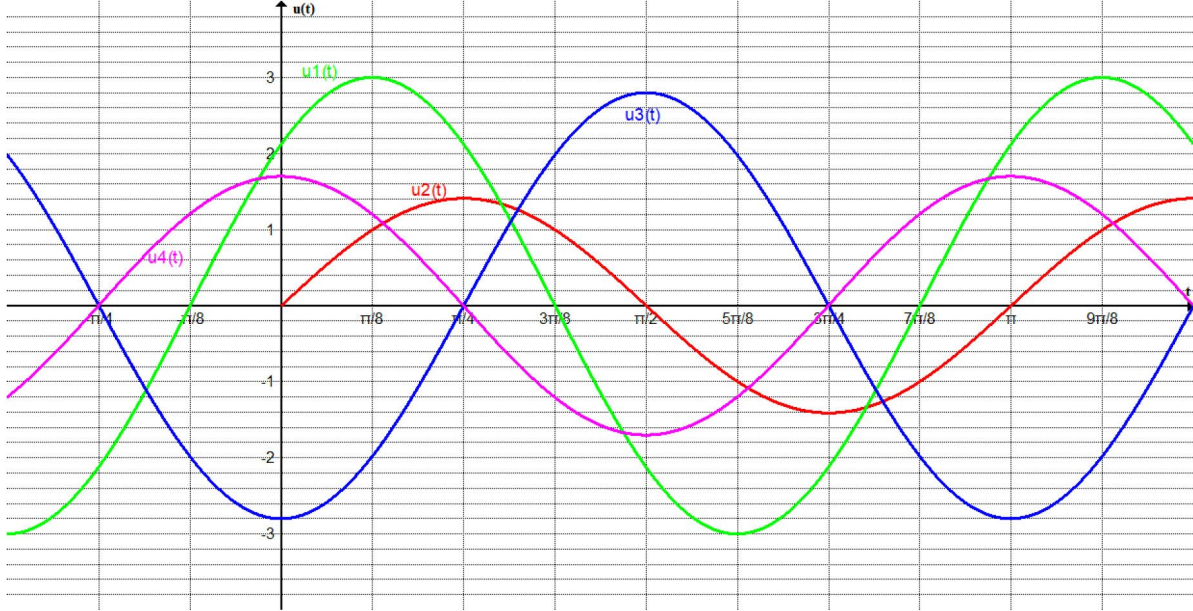


/ $U_{1m} = 3[V], T_1 = 2 \cdot \pi, f_1 = 0,16[H_Z], U_1 = 2,13[V], \theta_1 = \frac{\pi}{10}, u_1(t) = 3 \cdot \sin\left(1 \cdot t + \frac{\pi}{10}\right) [V]$
 $U_{2m} = 1,4[V], T_2 = \frac{2 \cdot \pi}{3}, f_2 = 0,48[H_Z], U_2 = 1[V], \theta_2 = 0^\circ, u_2(t) = 1,4 \cdot \sin(3 \cdot t) [V]$ /

FAZÖRLER VE FAZ FARKLARI

Basit periyodik büyüklükler şimdiye kadar sadece zamansal biçimde, sinüsoidler olarak gösterildi. Bu gösteriş yolu kolay ulaşılabilir ve ondan anlık değerler, genlik, periyot, frekans ve başlangıç fazı doğrudan okunabilir. Bu yol bir büyüklük söz konusu olunca uygundur, fakat daha büyük sayıda gerilimler veya akımlarla için konuşursak, bu yol pratik değildir. Bu yüzden, alternatif büyüklüklerin vektörlerle, ya da vektör diyagramı yöntemi olarak bilinen gösteriş şekline geçmek çok daha basittir. Uzunluk vektörün yoğunluğu, yönü ve doğrultusu

fiziksel büyüklüğün etkisinin yönü ve doğrultusuyla uygun olan vektörel büyüklüklerden (hız \vec{V} , kuvvet \vec{F}) farklı olarak, vektör diyagramında vektör döndürülebilir, vektörün hızı ω açı hızına uygundur, vektörünün uzunluğu alternatif büyüklüğün etkin değerine uyumludur (bu Avrupa standartıdır, Amerikan literatüründe vektörün uzunluğu maksimum değere uygundur), vektörün yatay çizgiyle oluşturduğu açı ise alternatif büyüklüğün başlangıç fazına uygundur. Başlangıç fazının pozitif değeri olunca, vektör faz ekseninde çizilir, negatif değeri varsa faz eksenini altında çizilir.

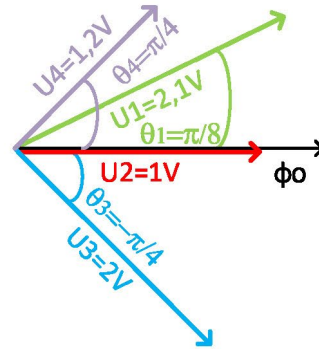


$$u_1 = 2,1 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \pi/8) [V]$$

$$u_2 = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$u_3 = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t - \pi/4) [V]$$

$$u_4 = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \pi/4) [V]$$



4.6 Alternatif büyüklükler: grafiksel gösteriş, anlık değerler ve onların fazörleri

Gösterim aracı olarak dönen vektöre elektroteknikte **fazör** denir. x-ekseninin pozitif kısmına uyan yatay çizgiye **faz eksenini** denir ve fe ile işaretlenir.

Bir çizimde, bir faz eksenine, fazörlerle büyük sayıya alternatif büyüklükler gösterebiliriz. İki fazör arasında oluşan açığı **faz farkı** denir. İki alternatif büyüklük için aralarındaki faz farkı sıfır olunca fazda olduklarını, veya faz farklı sıfırdan farklı olunca fazla kaydırılmış olduklarını diyoruz.

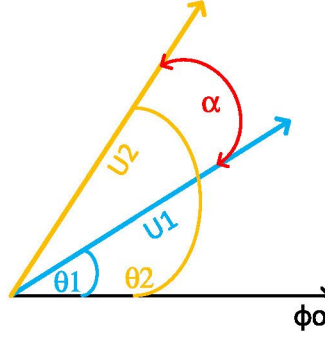
İki gerilimle bir örnek inceleyelim:

$$u_1 = U_{1m} \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta_1) [V]$$

$$u_2 = U_{2m} \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta_2) [V]$$

Faz farkı şunu tanımlamaktadır:

$$\alpha = (\omega \cdot t + \theta_1) - (\omega \cdot t + \theta_2) = \omega \cdot t + \theta_1 - \omega \cdot t - \theta_2 = \theta_1 - \theta_2$$



4.7 İki gerilim arasında faz farkı a

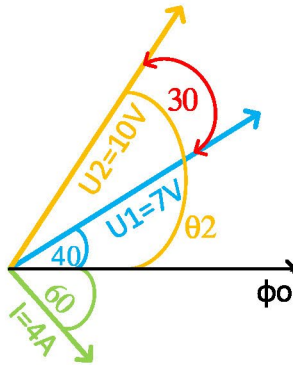
Faz farkı, fazör şeklinde gösterilen iki büyüklük arasındaki açıdır. İki aynı büyüklük, iki gerilim arasındaki faz farkı şekil 4.7’de gösterilmiştir. İki akım arasında da olabilir, veya farklı büyüklükler, örneğin gerilim ve akım arasında olabilir.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

5. Aynı çizimde, ortak faz eksenine aşağıdaki dört gerilim için fazörler çizilsin, ve ardından fazörlerin her biri için aradaki faz farkları hesaplansın:

- a) $u_1 = 10 \sin(\omega \cdot t + 90^\circ)$
- b) $u_2 = 8 \sin(\omega \cdot t - 45^\circ)$
- c) $u_3 = 5 \sin(\omega \cdot t + 180^\circ)$
- d) $u_4 = 15 \sin(\omega \cdot t)$

6. Aşağıdaki fazör çiziminden etkin değerin ve başlangıç fazın değerleri okunsun, ve ardından Alternatif büyüklüklerin anlık ifadeleri yazılsın.



$$/ u_1 = 7 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + 40^\circ) [V], u_2 = 10 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + 70^\circ) [V],$$

$$i = 4 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t - 60^\circ) [A] /$$

4.2 ALTERNATİF AKIMLI DEVREDE OHM DİRENCİ

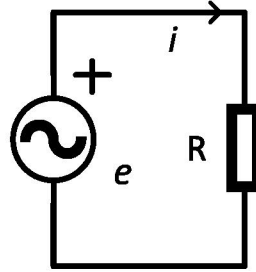
Aternatif akımlı elektrik devreler en az bir basit periyodik gerilim kaynağı ve bir tüketici içermelidir. Devredeki elemanlarda meydana gelen süreçlerin doğasına göre, elemanlar aktif ve pasif elemanlara ayrılır. Aktif elemanlar bir enerji türünü elektrik enerjiiye dönüşmesini gerçekleştirir, böyle elemanlar jeneratörler, elektrik gerilim kaynakları, piller'dir. Pasif elemanları süreci ters yönde işletiyorlar, yani elektrik enerjiiyi başka bir enerji türüne dönüştürüyorlar. Alternatif akımlı devrelerde, enerjinin bir kısmı ısı veya başka bir faydalı enerjiye dönüşüyor, elektrik ve manyetik alandan kaynaklanan kalan enerji ise jeneratör ve tüketici arasında salınım (titreşim) yapar. Bu tür olaylar belirli elemanlar için karakteristiktir: ohm direnci, bobin ve kondansatör.

Ohmik rezistörde, elektrik enerjinin ısı enerjiiye dönüşmesi karakteristiktir (geri döndürülemez süreç) ve rezistör bir **aktif tüketici** tanımamaktadır.

Bobinde, elektrik enerjinin manyetik enerjiye dönüşmesi karakteristiktir, fakat manyetik enerjisi de elektrik enerjiye dönüşebilir. Enerji salınım yapar (geri döndürülür süreç) ve bobin **reaktif elemandır**.

Kondansatörde, elektrik enerjinin elektrostatik enerjiye dönüşmesi ve tersi karakteristiktir (geri döndürülür süreç) ve kondansatör **reaktif elemandır**.

Aşağıdaki şekilde tüketici olarak ohm rezistörü olan dallanmamış devre verilmiştir:



4.8 Bir tüketici (R) içeren devre

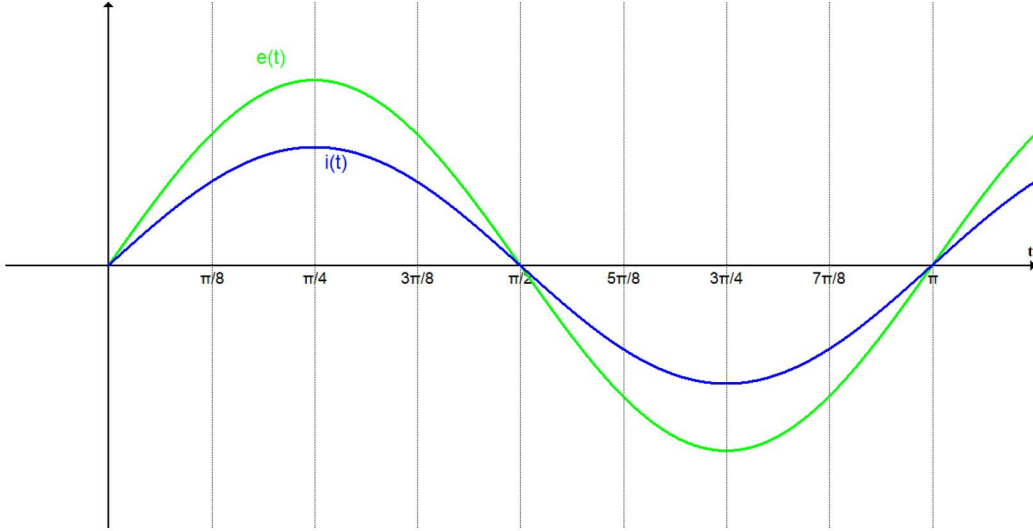
Kaynağın geriliminin şu şekli olacak:

$$e = E_m \sin(\omega \cdot t) [V]$$

Rezistörde, sabit akımlarda olduğu gibi, sadece ısı enerjinin meydana gelmesi oluyor, Dolayısıyla Ohm yasası geçerli olacak:

$$i = \frac{e}{R} = \frac{E_m}{R} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

Yukarıdaki yazılan ifadeden, akım bir ohm rezistöründen uçlarındaki gerilim aynı değıştini, yani akımın ve gerilimin aynı anda maksimum değerlerine ulaştığı sonucuna varabiliriz. Böyle bir devre için saf direnç özelliğe sahip olduğunu diyoruz.



4.9 Saf direnç özellikli devrede gerilimi ve akımın zamansal diyagramı

Ohmik rezistörde akımın kuvveti ve uçlarındaki gerilimin fazda oldukları sonucuna varabiliriz ve onlar için Ohm yasası geçerlidir. Fazör diyagramında, gerilimin ve akımın fazörleri hem yönleri hem doğrultuları açısından çakışıyorlar:



4.10 Rezistörlü devrede gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı

Bir Ohmik rezistöründe gerilimin ve akımın anlık değerleri şunlardır:

$$\begin{aligned}
 u_R &= U_m \sin(\omega \cdot t + \theta) [V] \\
 I_m &= \frac{U_m}{R} [A] \quad \theta = \psi \\
 i_R &= I_m \sin(\omega \cdot t + \psi) [A]
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

AKTİF GÜÇ

Alternatif akımlı devrede, gerilim ve akım titreşiyorlar ve sürekli olarak kendi değerlerini ve yönlerini değiştiriyorlar. Anlık güç gerilimin ve akımın anlık değerlerininin çarpımını tanımlıyor, buna göre gücün de değişkin özeliği vardır. Bu yüzden, gücün ortalama değeriyle çalışmak daha pratiktir. Ohm rezistörlü bir devrede, gerilimin ve akımın ile gücün aşağıdaki şekilleri olacak:

$$u_R = U_m \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$i_R = I_m \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$P = u_R \cdot i_R = U_m \cdot I_m \cdot \sin^2(\omega \cdot t) [W]$$

\sin^2 şekline dolayısıyla, gücün değeri sürekli olarak pozitif olacak ($\sin^2 > 0$). Ohm rezistöründe elektrik enerjinin ısıya dönüşme hızı her zaman eşit değildir. Bu yüzden ortalama gücün bilinmesi gerekiyor ve onun değeri şudur:

$$P = \frac{U_m \cdot I_m}{2} = U \cdot I [W]$$

Elektrik enerjisi ısıya dönüştüren tüketiciler **aktif tüketicilerdir**, harcadıkları güç **aktif güçtür**, ve tüketici geriliminin ve akımının etkin değerlerinin çarpımını tanımlamaktadır.

Aktif güç ifadesinde Ohm yasası uygulanınca, değerli bilinen büyüklüğe bağlı olarak: gerilim, akım veya direnç, uygulanan türetilmiş formüller elde ediliyor.

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = R \cdot I^2 [W] \quad (4.6)$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

7. Uçlarında aşağıda verilen gerilim ve akım için, aktif güç hesaplanın:

$$u = 10\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$i = 6\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$/ P = 60 [W] /$$

8. Aktif tüketici 80Ω dirence sahiptir, ve ondan $i = 0,8\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [A]$ akım akmaktadır. Uçlarındaki gerilim için ifade yazılsın ve onda gelişen aktif güç hesaplanın:

$$/ u = 64\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [V], P = 51,2 [W] /$$

9. 200Ω dirençli, ondan 3 A genlik akım akan ve gerilimin başlangıç fazı 100° olan tüketicide, hesaplanması gereken aktif güç geliştirilmektedir. Gerilim ve akım için anlık değer ifadeleri de yazılsın.

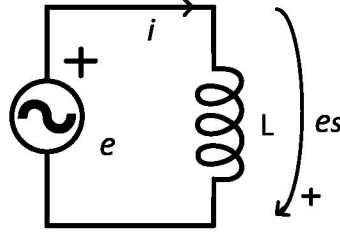
$$/ i = 3 \cdot \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) [A], u = 600 \cdot \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) [V], P = 900 [W] /$$

10. Bir tüketicinin aktif gücü 400 W, onun direnci 100Ω 'dur, gerilimin başlangıç fazı -45° , alternatif büyüklüklerin frekansı ise 50 Hz'tir. Gerilimin ve akımın anlık değerleri ifadeleri yazılsın.

$$/ i = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t - 45^\circ) [A], u = 200 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t - 45^\circ) [V] /$$

4.3 ALTERNATİF AKIMLI DEVREDE İDEAL BOBİN

Aşağıdaki şekilde bir kaynak ve tüketici olarak bobin içeren dallanmamış devre gösterilmiştir



4.1 Bir tüketici (L) içeren devre

Direnci ihmal edilecek kadar küçük olan bobin için, ideal bobin olduğunu diyoruz. Kaynağın elektromotor kuvvetinin biçimi şu şekilde verilmiştir:

$$e = E_m \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V]$$

Alternatif gerilimli devrede, bobinden endüklenmiş elektromotor kuvvetinin meydana gelmesine yol açan akım akacaktır. Endüklenmiş elektromotor kuvvetinin, Lenz kuralının sonucu olarak bu kuvvetin meydana gelmesi nedenine karşı çıkan yönü vardır. Bu, Faraday yasası ile belirlenmiş özendükleme olayıdır ve şu formülü elde ediyoruz:

$$e_s = -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} [V]$$

İkinci Kirchhoff yasasını uygulayarak şunu elde ediyoruz:

$$e + e_s = 0$$

Fazör diyagramında gösterilerek, endüklenen e_s 'nin kaynağın fazına ters fazı olacağı elde ediliyor, yani şöyle olacak:

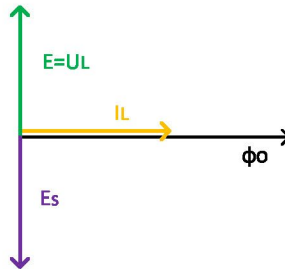
$$e_s = E_m \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [V]$$

$$E_m = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \cdot \omega \cdot I_m [V]$$

Akımın anlık değerinin biçimi için, endüklenmiş EMF sıfır değerini aldığı anda maksimum değerine ulaşacak şekilde kaydırılmış sinüsoidal biçimi olduğu elde ediliyor.

$$i = I_m \sin(\omega \cdot t + 0^\circ) [A]$$

Bu üç alternatif büyüklüğün fazör diyagramı aşağıdaki şekilde verilmiştir



4.12 Bobinli devrede gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı

Bobindeki gerilimin e_s 'nin yönünden ters yönü olacak, öyle ki bobinin gerilimi akımın yönünü takip edecek ($u_L = -e_s$). Bobinde akan akım için, başlangıç fazının bobindeki gerilimin başlangıç fazından her zaman 90° için daha küçük olacağını söyleyebiliriz. Akımın maksimum değeri ise bobindeki gerilimin maksimum değerinden $L \cdot \omega$ kat daha küçük olacak. Bobinden gerilimin genelleştirilmiş şekli için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

$$\begin{aligned} u_L &= U_{Lm} \sin(\omega \cdot t + \theta) [V] \\ I_{Lm} &= \frac{U_{Lm}}{\omega \cdot L} [A], \quad \psi = \theta - 90^\circ \\ i_L &= I_{Lm} \sin(\omega \cdot t + \psi) [A] \end{aligned} \quad (4.7)$$

Ohm yasasında akımın gerilim ile direncin bölümü olduğunu biliyoruz, buna göre $\omega \cdot L$ çarpımının direnç özelliği ve boyutları vardır ve bobinde akımın değişme tepkisini ifade ediyor ve **endüktif direnç** olarak adlandırılır. Endüktif direnç şu şekilde işaretlenir:

$$X_L = \omega \cdot L [\Omega] \quad (4.8)$$

Endüktif direnç karşı tepkiden kaynaklandığından dolayı, özendüksiyonun endüklenmiş EMF tepkisine **reaktif endüktif direnç** denir. Böyle devre için saf endüktif özelliği olduğunu diyoruz.

Bobinin direnci frekansın artmasıyla doğru orantılı artar, tekyönlü düzende ise frekansın olmadığı yani sıfır olduğu durumda, bobinin 0Ω direnci vardır ve kısa bağlantı tanımlamaktadır.

BOBİNİN REAKTİF GÜCÜ

İdeal bobinli ve uçlarında alternatif gerilimin bağlandığı dallanmamış bir devreden, anlık değerleri aşağıda verilmiş akım akacaktır:

$$\begin{aligned} u_L &= U_{Lm} \cdot \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V] \\ i_L &= I_{Lm} \cdot \sin(\omega \cdot t) [A] \end{aligned}$$

Anlık güç için ifade şöyle olacak:

$$p = u_L \cdot i_L = U_{Lm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) \cdot I_{Lm} \sin(\omega \cdot t) [W]$$

Belirli bir aralıktaki güç kaynağın enerjisini belirliyor, bobinin manyetik endüksiyonu ise şu değerde olacak:

$$W = \frac{L \cdot i^2}{2} [J]$$

Bu iki enerji türü kaynak ve bobin arasında durmadan salınım yaparlar. Bu, enerjinin elektrik biçiminden manyetik biçimine ve tersi değişme hızını belirliyor.

Güç, reaktif elemanda geliştiğinden dolayı **reaktif güç** olarak adlandırılır, işareti ise Q_L 'dir. Ölçü birimi aktif elemanın güç için ölçü birimiyle p(W) tamamen uyumludur, fakat birbirinden ayırt edilmesi için, reaktif gücün ölçü birimi reaktif voltapmer'dir, ya da kısaca var (VA_r). Bobinde reaktif güç için ifade şudur:

$$Q_L = U_L \cdot I_L [VA_r] \quad (4.9)$$

Ohm yasasını uygulayarak reaktif güç için türetilmiş ifadeler de elde ediliyor:

$$Q_L = X_L \cdot I_L^2 = \frac{U_L^2}{X_L} [VA_r]$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

11. Bobinin dairesel frekansı ve gerilimin başlangıç açısı okunsun, bobinin reaktif direnci hesaplansın, ardından bobinde akan akımın parametreleri belirlensin ve bobinin 10 mH endüktansı için anlık değeri yazılsın. Aşağıda verilmiş gerilim için reaktif güç hesaplansın.

$$u_L = 40\sqrt{2} \sin(100 \cdot t) [V]$$

$$/ \omega = 100 [rad/s], \theta = 0^\circ, X_L = 1 [\Omega] i = 40\sqrt{2} \sin(100 \cdot t - 90^\circ) [A], Q_L = 1600 [VA_r] /$$

12. İçinden $i = 0,6\sqrt{2} \sin(400 \cdot t + 20^\circ) [A]$ akımın aktığı ve endüktansı 50 mH olan bir bobin verilmiştir. Uclarındaki gerilim için ifade yazılsın. Gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı çizilsin. Reaktif güç hesaplansın.

$$/ u = 12\sqrt{2} \sin(400 \cdot t + 110^\circ) [V], Q_L = 7,2 [VA_r] /$$

13. Endüktif direnci 20 Ω olan ve ondan 7A akımın aktığı bobin verilmişti. Akımının başlangıç fazı 60°'dir ve bu akım hesaplanması gereken güç geliştiriyor. Gerilimin ve akımın anlık değerleri için ifadeler yazılsın. Fazör diyagramı çizilsin.

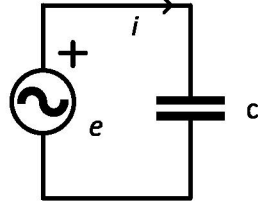
$$/ i = 7\sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + 60^\circ) [A], u = 140\sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + 150^\circ) [A], Q_L = 980 [VA_r] /$$

14. Bir bobinin reaktif gücü 40 VA, direnci 10 Ω , gerilimin başlangıç fazı - 45° 'dir. Alternatif bütüklüklerin frekansı 50 Hz'tir. Gerilim ve akım için anlık ifadeler yazılsın. Bobinin endüktansı hesaplansın ve fazör diyagramı çizilsin.

$$/ i = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t - 135^\circ) [A], u = 20 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t - 45^\circ) [A], L = 0,032 [H] /$$

4.4 ALTERNATİF AKIMLI DEVREDE İDEAL KONDANSATÖR

Aşağıdaki şekilde kondansatör olan bir tüketici ve bir kaynak içeren dallenmamış bir devre verilmiştir:



4.13 Bir tüketici (C) içeren devre

Kondansatörlerin devrede temel amacı elektriklik depolamak olurken, elektrikliğin birikme sürecine doldurma (şarj etme) denir, ters sürece ise kondansatörün boşalması denir. Kondansatörün doldurulması sırasında potansiyel fark oluşuyor. Kondansatör plakaları arasındaki iç gerilim (kondansatörün karşı gerilimi) devrenin kaynağına göre ters yönü vardır. İç gerilim dış gerilimle eşitlendiği zaman, kondansatörün doldurulması sona eriyor. Alternatif güç kaynaklarında, yön sürekli olarak değişiyor (pozitif ve negatif yarım periyotlar). O zaman kondansatörün doldurma ve boşalma süreçleri kesintisiz gerçekleşiyor. Kondansatörün pozitif yarım periyotta elektrik miktarı şöyle olacaktır:

$$Q = C \cdot U_m [C], \quad \text{öyle ki değişiklik} \quad \Delta Q = C \cdot \Delta u [C]$$

Kondansatörün doldurulması ve boşalması sonucu olarak akan akım şu olacak:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = C \cdot \frac{\Delta u}{\Delta t} [A]$$

Gerilimin değişme hızı dairesel frekansla doğru orantılıdır:

$$\frac{\Delta u}{\Delta t} = \omega \cdot U_m$$

$\frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{i}{C}$ olduğundan dolayı, şu ilişki elde ediliyor:

$$\frac{I_m}{C} = \omega \cdot U_m, \quad I_m = C \cdot \omega \cdot U_m [A]$$

Bu ilişkiye dayanarak, etkin değer şu olacak:

$$I = C \cdot \omega \cdot U = \frac{U}{1/\omega \cdot C} [A]$$

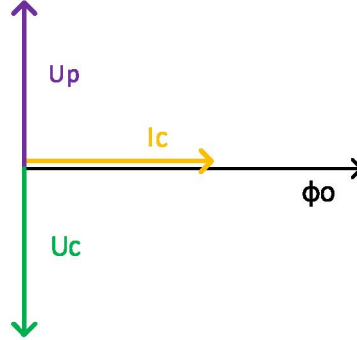
Ohm yasasından, kondansatörün direnci aşağıdaki değeri olacağı sonucuna varıyoruz:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} [\Omega]$$

Kapasitif dirence **bağıl kapasitif direnci** denir. Bu devre için saf kapasitif özelliği olduğunu diyoruz.

Kondansatörün direnci, frekansın artmasıyla ters orantılı artıyor, frekansın olmadığı, yani frekansın sıfır olduğu tek yönlü düzende ise kondansatörün sonsuz direnci var ve açık dal tanımlamaktadır.

Kondansatörlü devrede karşı gerilimin (U_p) meydana gelmesi yüzünden, verilen gerilimle (U_c) ilgili olarak akımın akması başlayacak (I_c), ve fazör biçiminde şöyle olacaktır:



4.14 Kondansatörlü devrede gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı

Kondansatörde gerilimi ve akımı bağlayan ilişki şudur:

$$\begin{aligned}
 X_C &= \frac{1}{\omega \cdot C} [\Omega] & u_c &= U_{Cm} \sin(\omega \cdot t + \theta) [V] & I_{Cm} &= \frac{U_{Cm}}{X_C} [A] & \psi &= \theta + 90^\circ & (4.10) \\
 i_c &= I_{Cm} \sin(\omega \cdot t + \psi) [A]
 \end{aligned}$$

KONDANSATÖRÜN REAKTİF GÜCÜ

Uclarında akım akacağı alternatif gerilim bağlanmış olduğu ideal kondansatörlü dallanmamış bir devrede güç bobinde olduğu gibi şu olacak:

$$p = u_c \cdot i_c = U_{Cm} \sin(\omega \cdot t) \cdot I_{Cm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [W]$$

Güç belirli bir aralıkta kaynağın enerjisini belirliyor, kondansatörün elektrostatik enerjisinin ise şu değeri olacaktır:

$$W = \frac{C \cdot u^2}{2} [J]$$

Bu iki enerji, kaynak ve kondansatör arasında kesintisiz titreşir. Bu, enerjinin elektrik biçiminde elektrostatik biçimine ve ters yönde değişme hızını belirliyor.

Gücün reaktif elemanda geliştiğinden dolayı, bu güce **reaktif güç** denir. İşareti Q_C ; ölçüm birimi aktif elemanın ölçüm birimiyle P (W) tamamen uyumludur, fakat birbirinden ayırt edilmesi için

reaktif gücün ölçü birimi reaktif voltamper'dir, yada kısaca var (VA_r). Kondansatörde reaktif güç ifadesi aşağıda verilmiştir:

$$Q_C = U_C \cdot I_C [VA_r] \quad (4.11)$$

Ohm yasasını uygulayarak reaktif güç için türetilmiş ifadeler de elde ediliyor:

$$Q_C = X_C \cdot I_C^2 = \frac{U_C^2}{X_C} [VA_r]$$

Alıştırma ÖDEVLERİ:

15. Kapasitesi 100 µF olan kondansatörün reaktif direnci hesaplayın. Eğer uçlarındaki gerilim $u = 40\sqrt{2}\sin(500 \cdot t)$ [V] ise, ondan akan akımın anlık değeri yazın.

$$/ X_C = 20[\Omega], i = 2\sqrt{2} \sin(500 \cdot t + 90^\circ) [V] /$$

16. Kondansatörün reaktif direnci 8 Ω'dur, ondan akan akım $i = 0,9\sqrt{2}\sin(\omega \cdot t)$ [A]'dir. Uçlarındaki gerilim için ifade yazılsın. Fazör diyagramı çizilsin ve reaktif güç hesaplamasını yapın.

$$/ u = 7,2\sqrt{2}\sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [V], Q_C = 6,48 [VA_r] /$$

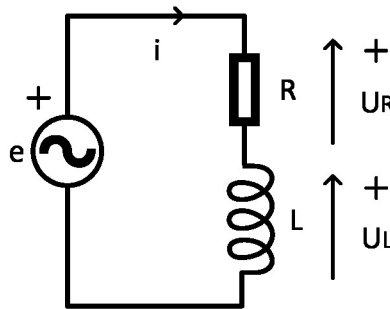
17. Reaktif direnci 30 Ω olan kondansatörden, 6A genliğinde akım akıyor. Gerilimin başlangıç fazı 100°'dir. Kondansatör hesaplanması gereken reaktif güç geliştiriyor. Gerilim ve akım için anlık ifadeleri yazın.

$$/ i = 6 \cdot \sin(\omega \cdot t + 190^\circ) [A], u = 180 \cdot \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) [A], Q_C = 540 [VA_r] /$$

4.5 REZİSTÖR, BOBİN VE KONDANSATÖRÜN SERİ BAĞLANTISI

REZİSTÖR VE BOBİNİN SERİ BAĞLANTISI

Bir rezistörün ve bobinin dallanmamış basit devresi aşağıdaki şekilde verilmiştir:



4.15 RL devrenin seri bağlantısı

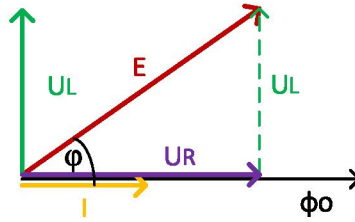
Önceki bölümlerde, rezistördeki gerilimin her zaman akan akımın fazında olduğunu, bobindeki gerilimin ise akımın açısından her zaman 90° için daha büyük olduğunu göstermiştik. Onların anlık değerleri şunlardır:

$$i = I_m \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$U_{Rm} = R \cdot I_m [V], \quad \theta_R = \psi = 0, \quad u_R = U_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$U_{Lm} = X_L \cdot I_m [V], \quad \theta_L = \psi + 90^\circ = 90^\circ, \quad u_L = U_{Lm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V]$$

Fazör diyagramını çizildiği zaman, bu elemanlar için ortak büyüklükte başlanıyor. Seri bağlı elemanlarda, elemanlarda akan akım ortaktır (aynıdır), gerilimler ise farklıdır. Gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı şudur:



4.16 Seri RL devrede gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı

U_R , U_L ve E gerilimlerinden oluşan üçgene gerilimler üçgeni denir. Bu üçgen için Pisagor teoremini uygulayarak şunu elde ediyoruz:

$$E^2 = U_L^2 + U_R^2,$$

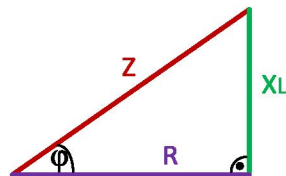
$$\begin{aligned} E &= \sqrt{U_L^2 + U_R^2} = \sqrt{(I \cdot X_L)^2 + (I \cdot R)^2} = \sqrt{I^2 \cdot X_L^2 + I^2 \cdot R^2} = \sqrt{I^2 \cdot (X_L^2 + R^2)} \\ &= \sqrt{I^2} \cdot \sqrt{(X_L^2 + R^2)} = I \cdot \sqrt{X_L^2 + R^2} [V] \end{aligned}$$

$$E = I \cdot Z [V]$$

$$Z = \sqrt{X_L^2 + R^2} [\Omega] \quad (4.12)$$

Z 'nin dirençlik boyutu vardır ve devrenin belirgin direnci veya **empedansı** denir. Bu devre için endüktans ağırlıklı özelliği olduğu deniliyor.

Gerilimler üçgeni olduğu gibi, aşağıdaki şekilde gösterilmiş olan dirençler üçgeni de vardır.



4.17 RL devresinde dirençler üçgeni

Gerilimler üçgeninde ve dirençler üçgeninde aynı olan ϕ açısı, E kaynağı ve I akımı arasındaki açıdır. Bu açığa faz kayması denir. Onun hesaplanması şu şekildedir:

$$\tan \varphi = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega \cdot L}{R} \quad (4.13)$$

Kaynağın gücü gerilimin ve ondan akan akımın etkin değerlerinin çarpımını tanımlamaktadır. Kaynağın gerilimi Ohm yasasına göre akımın ve devrenin empedansının çarpımıdır. Bunları kaynağın güç için formülünde değiştirirsek, şunu elde ediyoruz:

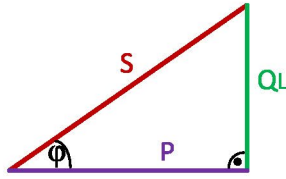
$$\begin{aligned} S &= E \cdot I = (Z \cdot I) \cdot I = Z \cdot I^2 = I^2 \cdot \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{I^4 \cdot (R^2 + X_L^2)} = \sqrt{I^4 \cdot R^2 + I^4 \cdot X_L^2} \\ &= \sqrt{(I^2 \cdot R)^2 + (I^2 \cdot X_L)^2} \text{ [VA]} \\ S &= \sqrt{P^2 + Q_L^2} \text{ [VA]} \end{aligned} \quad (4.14)$$

[VA] – devrenin belirgin gücü, ölçü birimi voltamper'dir (VA)

P [W] – devrenin aktif gücü, ölçü birimi watt (W)

Q_L [VA_r] – devrenin reaktif gücü, ölçü birimi [VA_r]

Aynı üçgen, aşağıdaki şekilde gösterilmiş olduğu gibi güçler için de geçerlidir:



4.18 Seri RL devresinde güçler üçgeni

$\cos \varphi = \frac{P}{S}$ büyüklüğüne **güç etkeni (faktörü)** denir. Elektrikli makinelerde belirgin gücün kullanılabilir kısmı ne kadar olduğunu tanımlamaktadır.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

18. Seri bağlı rezistörün ve bobinin aktif ve reaktif güçleri hesaplınsın. Onlarda geçen akım $i = 5\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t)$ [A] için, rezistör 4 Ω dirence sahiptir, Bobinin direnci ise 6 Ω'dur. Her eleman için ayrıdan gerilimlerin anlık değerleri için ifadeler yazın. Gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı çizilsin ve devrenin empedansı hesaplayın.

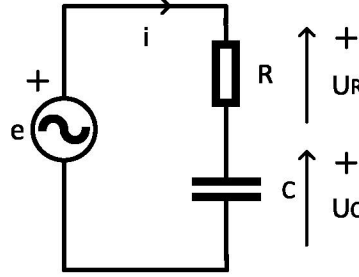
$$\begin{aligned} I &= 100 \text{ [W]}, Q_C = 150 \text{ [VA}_r], S = 180 \text{ [VA]}, \\ u_R &= 20\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) \text{ [V]}, u_L = 30\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) \text{ [V]}, Z = 7,2 \text{ [}\Omega \text{]} / \end{aligned}$$

19. Rezistör ve bobin seri bağlıdır. Aktif tüketicinin direnci 8 Ω, reaktif direnci ise 6 Ω'dur ve onlardan $i = 0,8\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 40^\circ)$ [A] akım akmaktadır. Rezistörün ve bobinin gerilimi ve toplam gerilim için ifadeler yazın ve fazör diyagramı çizin. Aktif, reaktif ve belirgin güçleri hesaplayın.

$$\begin{aligned} u_R &= 6,4\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 40^\circ) \text{ [V]}, u_L = 4,8\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 50^\circ) \text{ [V]}, \varphi = 37^\circ, \\ e &= 8\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 3^\circ) \text{ [V]}, p = 5,12 \text{ [W]}, Q_L = 6,4 \text{ [VA}_r], S = 8,2 \text{ [VA]} / \end{aligned}$$

REZİSTÖR VE KONDANSATÖRÜN SERİ BAĞLANTISI

Rezistör ve kondansatör dallanmamış, basit devresi aşağıdaki şekilde verilmiştir:



4.19 RC devrenin seri bağlantısı

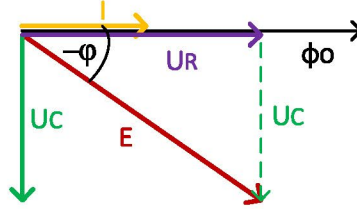
Önceki bölümlerde, rezistördeki gerilimin her zaman akan akımın fazında olduğunu, kondansatördeki gerilimin ise her zaman akımın açısından 90° için daha küçük olduğunu göstermiştik. Onların anlık değerleri şunlardır:

$$i = I_m \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$U_{Rm} = R \cdot I_m [V], \quad \theta_R = \psi = 0, \quad u_R = U_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$U_{Cm} = X_C \cdot I_m [V], \quad \theta_C = \psi - 90^\circ = -90^\circ, \quad u_C = U_{Cm} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [V]$$

Fazör diyagramını çizildiği zaman, bu elemanlar için ortak büyüklükle başlanıyor. Seri bağlı elemanlarda, elemanlarda akan akım ortaktır (aynıdır), gerilimler ise farklıdır. Gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı şudur:



4.20 Seri RC devresinde gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı

U_R , U_C ve E gerilimlerinden oluşan üçgene gerilimler üçgeni denir. Bu üçgen için Pisagor teoremini uygulayarak şunu elde ediyoruz:

$$E^2 = U_C^2 + U_R^2,$$

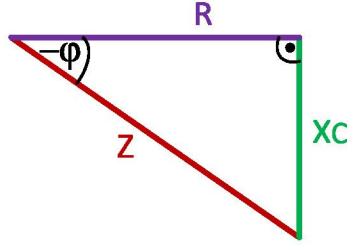
$$\begin{aligned} E &= \sqrt{U_C^2 + U_R^2} = \sqrt{(I \cdot X_C)^2 + (I \cdot R)^2} = \sqrt{I^2 \cdot X_C^2 + I^2 \cdot R^2} = \sqrt{I^2 \cdot (X_C^2 + R^2)} \\ &= \sqrt{I^2} \cdot \sqrt{(X_C^2 + R^2)} = I \cdot \sqrt{X_C^2 + R^2} [V] \end{aligned}$$

$$E = I \cdot Z [V]$$

$$Z = \sqrt{X_C^2 + R^2} [\Omega] \quad (4.15)$$

Z'nin dirençlik boyutu vardır ve devrenin belirgin direnci veya **empedansı** denir. Bu devre için kapasitif ağırlıklı özelliği olduğu deniliyor.

Aşağıdaki şekilde dirençler üçgeni gösterilmiştir.



4.21 Seri RC devresinde dirençler üçgeni

Gerilimler üçgeninde ve dirençler üçgeninde aynı olan $-\varphi$ açısı, E kaynağı ve I akımı arasındaki açıdır. Burada faz kayması var. Onun çizilme yönü faz eksenini altındadır, öyle ki negatif sayı özelliğini verir (onun negatif değeri, akımın gerilimden daha büyük başlangıç açısı olduğu demektir) ve şu şekilde hesaplanır:

$$\tan \varphi = -\frac{X_C}{R} = -\frac{1}{\omega \cdot C \cdot R} \quad (4.16)$$

Kaynağın gücü aşağıdaki ifadelerde verilmiştir

$$\begin{aligned} S &= E \cdot I = (Z \cdot I) \cdot I = Z \cdot I^2 = I^2 \cdot \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{I^4 \cdot (R^2 + X_C^2)} = \sqrt{I^4 \cdot R^2 + I^4 \cdot X_C^2} \\ &= \sqrt{(I^2 \cdot R)^2 + (I^2 \cdot X_C)^2} \text{ [VA]} \end{aligned}$$

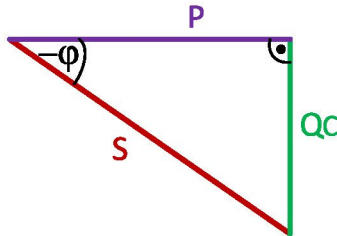
$$S = \sqrt{P^2 + Q_C^2} \text{ [VA]} \quad (4.17)$$

S [VA] – devrenin **belirgin gücü**, ölçü birimi voltamper'dir (VA)

p [W] – devrenin **aktif gücü**, ölçü birimi watt (W)

Q_C [VA_r] – devrenin **reaktif gücü**, ölçü birimi [VA_r]

Güçler üçgeni aşağıdaki şekilde gösterilmiştir



4.22 Seri RC devresinde güçler üçgeni

Alıştırma ÖDEVLERİ:

20. Seri bağlı rezistörün aktif ve reaktif güçleri ile belirgin güç hesaplınsın. Rezistör 12 Ω dirence sahiptir, reaktif direnci 5 Ω 'dur, onlardan akan akım ise $i = \sqrt{2} \sin(\omega \cdot t)$ [A] dir. Her eleman için ayrıdan gerilimin anlık değer ifadeleri yazılınsın, devrenin empedansı hesaplınsın ve gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı çizilsin.

$$P = 12[W], Q_C = 5[VA_r], S = 13[VA],$$

$$u_R = 12\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [V], u_C = 5\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [V], Z = 13[\Omega]$$

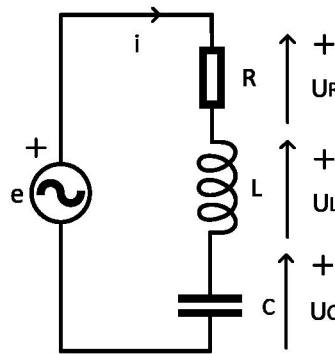
21. Rezistör ve kondansatör seri bağlıdır. Aktif tüketicinin 4 Ω direnci vardır, reaktif direnç ise 3 Ω 'dur ve onlardan $i = 6\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 20^\circ)$ [A] akım akıyor. Rezistörün, kondansatörün ve toplam gerilim için ifadeler yazılınsın. Fazör diyagramı çizilsin ve devrenin empedansı, aktif, reaktif ve belirgin güç hesaplınsın.

$$u_R = 24\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 20^\circ) [V], u_C = 18\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 70^\circ) [V], \varphi = -37^\circ,$$

$$e = 30\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 57^\circ) [V], Z = 5[\Omega] p = 144 [W], Q_C = 108 [VA_r], S = 180 [VA]$$

REZİSTÖRÜN, BOBİNİN VE KONDANSATÖRÜN SERİ BAĞLANTISI

Bir rezistör, bobin ve kondansatörden oluşan dallanmamış basit devre, aşağıdaki şekilde verilmiştir:



4.23 RLC devrenin seri bağlantısı

Önceki bölümlerde, rezistördeki gerilimin her zaman akan akımın fazında olduğunu, bobindeki gerilimin ise akımın açısından 90° için daha büyük, kondansatördeki gerilimin ise her zaman akımın açısından 90° için daha küçük olduğunu göstermiştik. Onların anlık değerleri şunlardır:

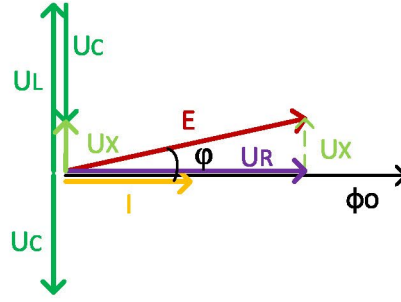
$$i = I_m \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$U_{Rm} = R \cdot I_m [V], \quad \theta_R = \psi = 0, \quad u_R = U_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$U_{Lm} = X_L \cdot I_m [V], \quad \theta_L = \psi + 90^\circ = 90^\circ, \quad u_L = U_{Lm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V]$$

$$U_{Cm} = X_C \cdot I_m [V], \quad \theta_C = \psi - 90^\circ = -90^\circ, \quad u_C = U_{Cm} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [V]$$

Fazör diyagramı çizildiği zaman, bu elemanlar için ortak büyüklükle başlanıyor. Seri bağlı elemanlarda, elemanlarda akan akım ortaktır (aynıdır), gerilimler ise farklıdır. Gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı şudur:



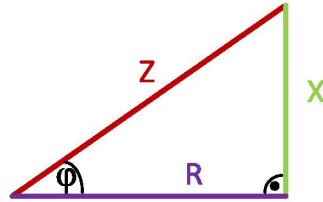
4.23 Seri RLC devrede gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı

$X_L > X_C$ olduğunu tahmin ederek, U_x gerilimi reaktif elemanların gerilimini tanımlamaktadır, aynıısı $U_L > U_C$ için de geçerlidir. Böylece $U_x = U_L - U_C$ olduğu elde ediliyor. U_R, U_x ve E gerilimlerinden oluşan üçgen gerilimler üçgenidir. Bu üçgen için Pisagor teoremini uygulayarak şunu elde ediyoruz:

$$\begin{aligned} E^2 &= U_x^2 + U_R^2, \\ E &= I \cdot Z [V], \\ X &= X_L - X_C [\Omega], \\ Z &= \sqrt{X^2 + R^2} [\Omega] \end{aligned} \quad (4.18)$$

$X_L > X_C$ olduğunu aldığımızdan dolayı, devrenin endüktif ağırlıklı özelliği olduğunu diyoruz, eğer tersi geçerli olsaydı, devrenin kapasitif ağırlıklı özelliği olacaktı.

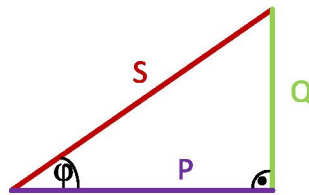
Aşağıdaki şekilde dirençler üçgeni gösterilmiştir:



4.25 Seri RLC devrede dirençler üçgeni

$$\tan \varphi = \frac{X}{R} \quad (4.19)$$

Aşağıdaki şekilde güçler üçgeni gösterilmiştir, ve bu arada $X_L > X_C$ ve $X = X_L - X_C$, yani $Q_L > Q_C$ ve $Q = Q_L - Q_C$ hala geçerlidir:



4.26 Seri RLC devresinde güçler üçgeni

Alıştırma ÖDEVLERİ:

22. Seri bağlı rezistör, bobin ve kondansatörün aktif ve reaktif güçleri ile belirgin gücü hesaplınsın. Rezistörün direnci 12Ω 'dır, kondansatör 8Ω dirence, bobin ise 13Ω dirence sahiptir, onlardan akan akım ise $i = 4\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 25^\circ)$ [A]'dir. Her eleman için ayrıdan gerilimin anlık değerleri için ifadeler yazılınsın, devrenin empedansı çizilsin ve gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı çizilsin.

$$\begin{aligned} P &= 192[\text{W}], Q_C = 128[\text{VA}_r], Q_L = 208[\text{VA}_r], Q = 80[\text{VA}_r], S = 208[\text{VA}], \\ u_R &= 48\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 25^\circ) [\text{V}], u_C = 32\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 65^\circ) [\text{V}], \\ u_L &= 52\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 115^\circ) [\text{V}], Z = 13[\Omega] \end{aligned}$$

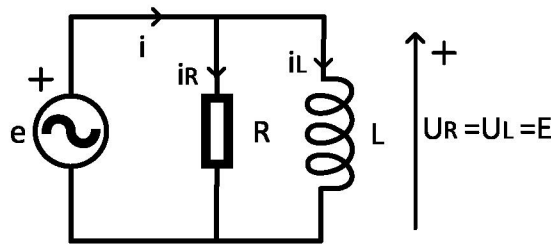
23. Rezistör, bobin ve kondansatör seri bağlıdır. Aktif tüketicinin 4Ω direnci vardır, reaktif dirençler ise sırasıyla 8Ω ve 5Ω 'dur ve üç elemandan $i = 10\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ)$ [A] akım akıyor. Rezistörün, bobinin, kondansatörün ve toplam gerilim için ifadeler yazılınsın. Fazör diyagramı çizilsin ve devrenin empedansı, aktif, reaktif ve belirgin gücü hesaplınsın.

$$\begin{aligned} u_R &= 40\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [\text{V}], u_L = 80\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 180^\circ) [\text{V}], \\ u_C &= 50\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [\text{V}], \varphi = 37^\circ, e = 50\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 127^\circ) [\text{V}], \\ Z &= 5[\Omega] p = 400 [\text{W}], Q_L = 800 [\text{VA}_r], Q_C = 500 [\text{VA}_r], S = 500 [\text{VA}] \end{aligned}$$

4.6 REZİSTÖRÜN, BOBİNİN VE KONDANSATÖRÜN PARALEL BAĞLANTISI

REZİSTÖRÜN VE BOBİNİN PARALEL BAĞLANTISI

Bir rezistörün ve bobinin paralel devresi, aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



4.27 RL devrenin paralel bağlantısı

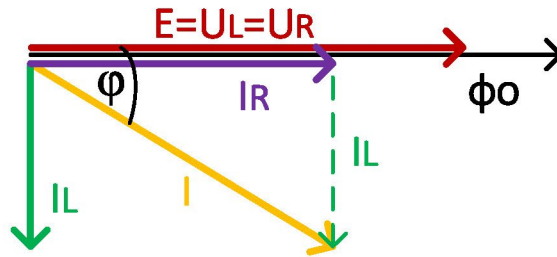
Paralel bağlantıda, gerilimlerin eşit oldukları her zaman geçerlidir. Önceki bölümlerde, rezistördeki gerilimin her zaman akan akımın fazında olduğunu, bobindeki akımın ise her zaman gerilimin açısından 90° için daha küçük olduğunu göstermiştik. Onların anlık değerleri şunlardır:

$$e = E_m \sin(\omega \cdot t) [V], E = U_{Rm} = U_{Lm}, \quad \theta = \theta_R = \theta_L$$

$$I_{Rm} = \frac{U_{Rm}}{R} [A], \quad \psi_R = \theta = 0, \quad i_R = I_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$I_{Lm} = \frac{U_{Lm}}{X_L} [A], \quad \psi_L = \theta - 90^\circ = -90^\circ, \quad i_L = I_{Lm} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [A]$$

Fazör diyagramını çizildiği zaman, bu elemanlar için ortak büyüklükle başlanıyor. Paralel bağlı elemanlarda, elemanların gerilimi ortaktır (aynıdır), akımlar ise farklıdır. Gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı şudur:



4.28 Paralel RL devresinde gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı

I_R, I_L ve I akımlarından oluşan üçgene akımlar üçgeni denir. Bu üçgen için Pisagor teoremini uygulayarak şunu elde ediyoruz:

$$I^2 = I_L^2 + I_R^2,$$

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{I_L^2 + I_R^2} = \sqrt{\left(\frac{E}{X_L}\right)^2 + \left(\frac{E}{R}\right)^2} = \sqrt{E^2 \cdot \left(\frac{1}{X_L}\right)^2 + E^2 \cdot \left(\frac{1}{R}\right)^2} = \sqrt{E^2 \cdot \left(\left(\frac{1}{X_L}\right)^2 + \left(\frac{1}{R}\right)^2\right)} \\ &= \sqrt{E^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{X_L^2} + \frac{1}{R^2}} = E \cdot \sqrt{\frac{1}{X_L^2} + \frac{1}{R^2}} [A] \end{aligned}$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{E} \cdot \mathbf{Y} [A] \quad (4.20)$$

$$\mathbf{Y} = \sqrt{\frac{1}{X_L^2} + \frac{1}{R^2}} [S] \quad (4.21)$$

Y'nun evrik dirençlik boyutu vardır ve ona devrenin belirgin iletkenliği veya **admitansı** denir.

φ açısı E kaynağı ve I akımı arasındaki açıdır, ve bu açiya faz kayması denir. Onun hesaplanması şu şekilde yapılır:

$$\tan \varphi = \frac{I_L}{I_R} = \frac{\frac{E}{X_L}}{\frac{E}{R}} = \frac{R}{X_L} \quad (4.22)$$

Kaynağın gücü gerilimin ve akımın etkin değerlerinin çarpımıdır. Kaynağın gerilimi, Ohm yasasına göre akımın ve devrenin empedansının çarpımıdır. Bunları, kaynağın gücü formülünde değiştirirsek, şunu elde ediyoruz:

$$S = E \cdot I = E \cdot \sqrt{(I_R^2 + I_L^2)} = E \cdot \sqrt{\left(\frac{E}{R}\right)^2 + \left(\frac{E}{X_L}\right)^2} = \sqrt{E \left(\frac{E}{R}\right)^2 + E \left(\frac{E}{X_L}\right)^2} [VA]$$

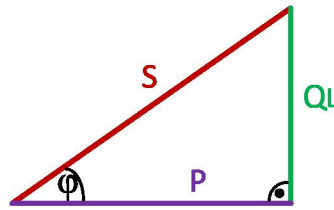
$$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2} [VA] \quad (4.23)$$

$S [VA]$ – devrenin **belirgin gücü**; ölçü birimi voltamper'dir (VA)

$P [W]$ – devrenin **aktif gücü**; ölçü birimi Watt (W)

$Q_L [VA_r]$ – devrenin **reaktif gücü**; ölçü birimi (VA_r)

Güçler üçgeni hem seri hem paralel bağlantıda aynıdır. Bu üçgen, aşağıdaki şekilde gösterilen enerji sürekliliğinin fiziksel yasasını ifade etmektedir.



4.29 Paralel RL devresinde güçler üçgeni

$\cos \varphi = P/S = IR/I$ büyüklüğüne **güç etkeni (faktörü)** denir. Elektriksel makineler için belirgin gücün kullanılabilir kısmı ne kadar olduğunu tanımlamaktadır, ve bu amaçla güç etkeninin mümkün olduğu kadar en yüksek değeri olma eğilimindedir.

Alıştırma ÖDEVLERİ:

24. Paralel bağlı rezistörün ve bobinin aktif ve reaktif güçleri ile belirgin gücü hesaplanсын, öyle ki rezistörün direnci 2Ω 'dur, bobinin direnci ise 12Ω 'dur, kaynağı $e = 36\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) [V]$ 'tur. Her eleman için ayrıdan akımların anlık değerleri için ifadeler yazılsın. Devrenin admitansı hesaplanсын ve gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı çizilsin.

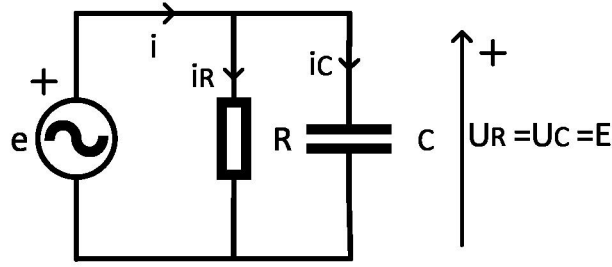
$$I_P = 684 [W], Q_L = 108 [VA_r], S = 692 [VA], \\ i_R = 19\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) [A], i_L = 3\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 10^\circ) [A], Y = 0,5 [S]$$

25. Rezistör ve bobin paralel bağlıdır. Aktif tüketicinin 10Ω direnci vardır, reaktif direnç ise 4Ω , $e = 20\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V]$ gerilim için anlık ifadesidir. Rezistörden ve bobinden akan akımın ve kaynaktan akan toplam akım için ifadeler yazılsın. Fazör diyagramı çizilsin ve devrenin admitansı, aktif, reaktif ve belirgin gücü hesaplanсын.

$$i_R = 2\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [A], i_L = 5\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [A], \varphi = 68^\circ, \\ i = 5,4\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 68^\circ) [A], Y = 0,51 [S] p = 40 [W], Q_L = 100 [VA_r], S = 108 [VA]$$

REZİSTÖRÜN VE KONDANSATÖRÜN PARALEL BAĞLANTISI

Bir rezistör ve kondansatörün paralel devresi, aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:



4.30 RC devrenin paralel bağlantısı

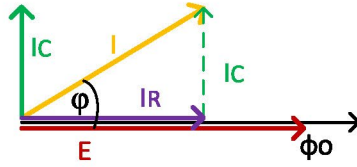
Önceki bölümlerde, rezistördeki gerilimin her zaman akan akımın fazında olduğunu, kondansatördeki gerilimin ise her zaman akımın açısından 90° için daha küçük olduğunu göstermiştik. Onların anlık değerleri şunlardır:

$$e = E_m \sin(\omega \cdot t) [V], \quad E_m = U_{Rm} = U_{Cm}, \quad \theta = \theta_R = \theta_C$$

$$I_{Rm} = \frac{U_{Rm}}{R} [A], \quad \psi_R = \theta = 0, \quad i_R = I_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$I_{Cm} = \frac{U_{Cm}}{X_C} [A], \quad \psi_C = \theta + 90^\circ = +90^\circ, \quad i_C = I_{Cm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [A]$$

Fazör diyagramını çizildiği zaman, bu elemanlar için ortak büyüklükle başlanıyor. Paralel bağlı elemanlarda, elemanların gerilimi ortaktır (aynıdır), akımlar ise farklıdır. Gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı şudur:



4.31 Paralel RC devresinde gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı

Çizimden, Pisagor teoremini uygulayarak şunu elde ediyoruz:

$$I^2 = I_C^2 + I_R^2,$$

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{I_C^2 + I_R^2} = \sqrt{\left(\frac{E}{X_C}\right)^2 + \left(\frac{E}{R}\right)^2} = \sqrt{E^2 \cdot \frac{1}{X_C^2} + E^2 \cdot \frac{1}{R^2}} = \sqrt{E^2 \cdot \left(\left(\frac{1}{X_C}\right)^2 + \left(\frac{1}{R}\right)^2\right)} \\ &= \sqrt{E^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}} = E \cdot \sqrt{\frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}} [A] \end{aligned}$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{E} \cdot \mathbf{Y} [A] \quad (4.24)$$

$$\mathbf{Y} = \sqrt{\frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}} [S] \quad (4.25)$$

Y belirgin iletkenliği veya devrenin **admitansı**'dır.

$$\tan \varphi = \frac{I_C}{I_R} = \frac{\frac{E}{X_C}}{\frac{E}{R}} = \frac{R}{X_C} \quad (4.26)$$

Kaynağın gücü şudur:

$$S = E \cdot I = E \cdot \sqrt{(I_R^2 + I_C^2)} = E \cdot \sqrt{\left(\frac{E}{R}\right)^2 + \left(\frac{E}{X_C}\right)^2} = \sqrt{E \left(\frac{E}{R}\right)^2 + E \left(\frac{E}{X_C}\right)^2} [VA]$$

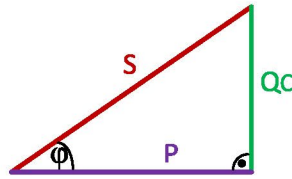
$$S = \sqrt{P^2 + Q_C^2} [VA] \quad (4.27)$$

$S [VA]$ – devrenin **belirgin güç**; ölçü birimi voltamper'dir (VA)

$P [W]$ – devrenin **aktif güç**; ölçü birimi Watt (W)

$Q_C [VA_r]$ – devrenin **reaktif güç**; ölçü birimi (VA_r)

Aşağıdaki şekilde güçlerin üçgeni gösterilmiştir:



4.32 Paralel RC devresinde güçler üçgeni

Alıştırma ÖDEVLERİ:

26. Paralel bağlı rezistörün ve kondansatörün aktif ve reaktif güçleri ile toplam belirgin gücü hesaplınsın, öyle ki rezistörün direnci 8Ω 'dur, kondansatörün direnci ise 6Ω 'dur ve kaynağın geriliminin $e = 36\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 30^\circ) [V]$ anlık değeri vardır. Her eleman için ayrıdan akımların anlık değerleri için ifadeler yazın. Devrenin admitansı hesaplınsın ve gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı çizilsin.

$$P = 144[W], Q_C = 216[VA_r], S = 260[VA],$$

$$i_R = 4\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 30^\circ) [A], i_C = 6\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 60^\circ) [A], Y = 0,21[S]$$

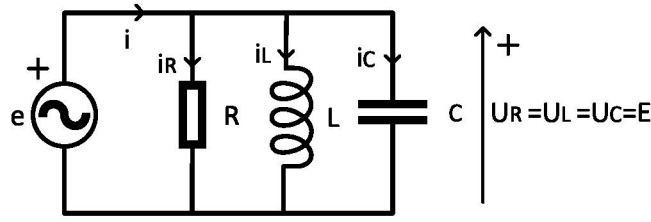
27. Rezistör ve kondansatör paralel bağlıdır. Aktif tüketicinin 1Ω direnci vardır, reaktif direnç ise 8Ω 'dur, $e = 24\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V]$ kaynağın anlık ifadesidir. Rezistörden ve kondansatörden akan akımın ve kaynaktan akan toplam akım için ifadeler yazılınsın. Fazör diyagramı çizilsin ve devrenin admitansı, aktif, reaktif ve belirgin gücü hesaplınsın.

$$i_R = 24\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [A], i_C = 3\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 180^\circ) [A], \varphi = -7^\circ,$$

$$i = 24,2\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 97^\circ) [A], Y = 1[S], P = 576 [W], Q_C = 72 [VA_r], S = 580 [VA]$$

REZİSTÖRÜN, BOBİNİN VE KONDANSATÖRÜN PARALEL BAĞLANTISI

Aşağıdaki şekilde paralel bağlı rezistör, bobin ve kondansatörden oluşan basit bir devre verilmiştir:



4.33 RLC devrenin paralel bağlantısı

Önceki bölümlerde, rezistördeki gerilimin her zaman akan akımın fazında olduğunu, bobindeki gerilimin akımın açısından 90° için daha büyük, kondansatördeki gerilimin ise her zaman akımın açısından 90° için daha küçük olduğunu göstermiştik. Onların anlık değerleri şunlardır:

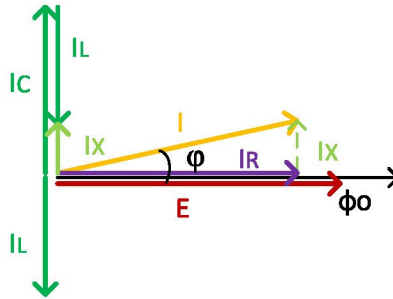
$$e = E_m \sin(\omega \cdot t) [V], \quad E_m = U_{Rm} = U_{Cm}, \quad \theta = \theta_R = \theta_L = \theta_C$$

$$I_{Rm} = \frac{U_{Rm}}{R} [A], \quad \theta_R = \psi = 0, \quad i_R = I_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$I_{Lm} = \frac{U_{Lm}}{X_L} [A], \quad \psi_L = \theta - 90^\circ = -90^\circ, \quad i_L = I_{Lm} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [A]$$

$$I_{Cm} = \frac{U_{Cm}}{X_C} [A], \quad \psi_C = \theta + 90^\circ = +90^\circ, \quad i = I_{Cm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [A]$$

Fazör diyagramı çizildiği zaman, bu elemanlar için ortak büyüklükle başlanıyor. Paralel bağlı elemanlarda, elemanların gerilimi ortaktır (aynıdır), akımlar ise farklıdır. Gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı şudur:



4.34 Paralel RLC devrede gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı

I_x akımı reaktif elemanlarda akan akımların toplamını tanımlamaktadır. $X_L > X_C$ olduğunu tahmin ederek, akımlar için $I_L < I_C$ geçerlidir ve $I_x = I_C - I_L$ olduğu elde ediliyor (I toplamı tanımlıyor, fakat I_L ve I_C 'in ters yönleri olduğundan dolayı, onların vektörsel toplamı aritmetik farkı tanımlıyor). Çizime göre:

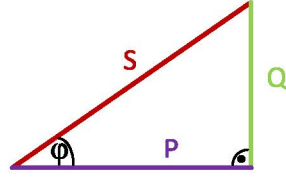
$$I^2 = I_x^2 + I_R^2,$$

$$E = I \cdot Z [V],$$

$I_C > I_L$ olduğunu ele aldığımızdan dolayı, devre için kapasitif ağırlıklı özelliği olduğunu diyoruz, tersi geçerli olsaydı, devrenin endüktif ağırlıklı özelliği olacaktı.

$$\tan \varphi = \frac{R}{X}$$

Güçler üçgeni aşağıdaki şekilde gösterilmiştir, ve bu arada $X_L > X_C$, yani $Q_L < Q_C$ ve $Q = Q_C - Q_L$ hala geçerlidir:



4.35 Paralel RLC devresinde güçler üçgeni

Alıştırma ÖDEVLERİ:

28. Paralel bağlı rezistör, bobin ve kondansatörün aktif ve reaktif gücü ile belirgin gücü hesaplınsın, öyle ki rezistörün direnci 3Ω 'dur, bobin 6Ω dirence, kondansatör ise 2Ω dirence sahiptir. Kaynağın geriliminin $e = 18\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ)$ [V] anlık değeri vardır. Her eleman için ayrıdan akımların anlık değerleri için ifadeler yazılınsın ve gerilimlerin ve akımların fazör diyagramı çizilsin

$$P = 108[\text{W}], Q_L = 54[\text{VA}_r], Q_C = 162[\text{VA}_r], S = 153[\text{VA}], \\ i_R = 6\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [\text{A}], i_L = 3\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 180^\circ) [\text{A}], i_C = 9\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [\text{A}] /$$

29. Rezistör, bobin ve kondansatör paralel bağlıdır. Aktif tüketicinin 12Ω direnci vardır, reaktif dirençler ise sırasıyla 18Ω ve 8Ω 'dur, kaynağın gerilimi ise $e = 72\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 50^\circ)$ [V]'tur. Rezistörden, bobinden, kondansatörden akan akım ve kaynaktan akan toplam akım için ifadeler yazın. Fazör diyagramı çizin ve devrenin admitansı, aktif, reaktif ve belirgin gücü hesaplayın.

$$i_R = 6\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 50^\circ) [\text{A}], i_L = 3\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 40^\circ) [\text{A}], \\ i_C = 9\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 140^\circ) [\text{A}], \varphi = 50^\circ, i = 24,2\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) [\text{A}], Y = 0,2[\text{S}] \\ p = 432 [\text{W}], Q_L = 216 [\text{VA}_r], Q_C = 648 [\text{VA}_r], S = 611 [\text{VA}] /$$

GÜÇ ETKENİNİ DÜZELTMEK

Güç etkeni ($\cos \varphi$), devredeki kaynağın geliştirdiği belirgin gücün faydalı iş için kullanılabilen kısmının ne kadar olduğunu belirleyen büyüklüğü tanımlamaktadır.

Güçler üçgeninden, şunlar tanımlanıyor:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}, S = U \cdot I, \cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} \quad (4.28)$$

Yukarıdaki denklemden akımı ifade edersek şunu elde ediyoruz:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} [\text{A}]$$

Hedef mümkün olduğu kadar daha büyük güç etkeni elde etmektir. Kaynağın gerilimi değişmediğinden dolayı, akıma etkileyeceğimiz elde ediliyor. Yukarıdaki denklemden, güç etkeninin mümkün olduğu kadar büyük olması için, akımın mümkün olduğu kadar küçük efektif değeri olması gerektiği sonucuna varılıyor. Büyük tüketiciler olan elektrikli makinelerde güç etkeninin büyük etkisi vardır ve onlar için endüktif özelliği olduğunu biliyoruz. Akımın azalmasının gerçekleştirilmesi için, endüktif tüketiciye paralel olarak kondansatör bağlanıyor, Kondansatörün akımının yönü fazör diyagramında makinenin yönüne göre ters yönü olacak, dolayısıyla toplam akım azalacaktır. Kondansatörün bağlanmasına **güç etkeninin düzeltilmesi** veya **telafisi** denir. Kondansatörün değeri için, aşağıdaki koşulun yerine getirilmiş olması gerekiyor:

$$C = \frac{L}{R^2 + (\omega \cdot L)^2} [F] \quad (4.29)$$

Kondansatörün değeri bu denklemi yerine getiriyorsa, o zaman:

$$\cos \varphi = 1$$

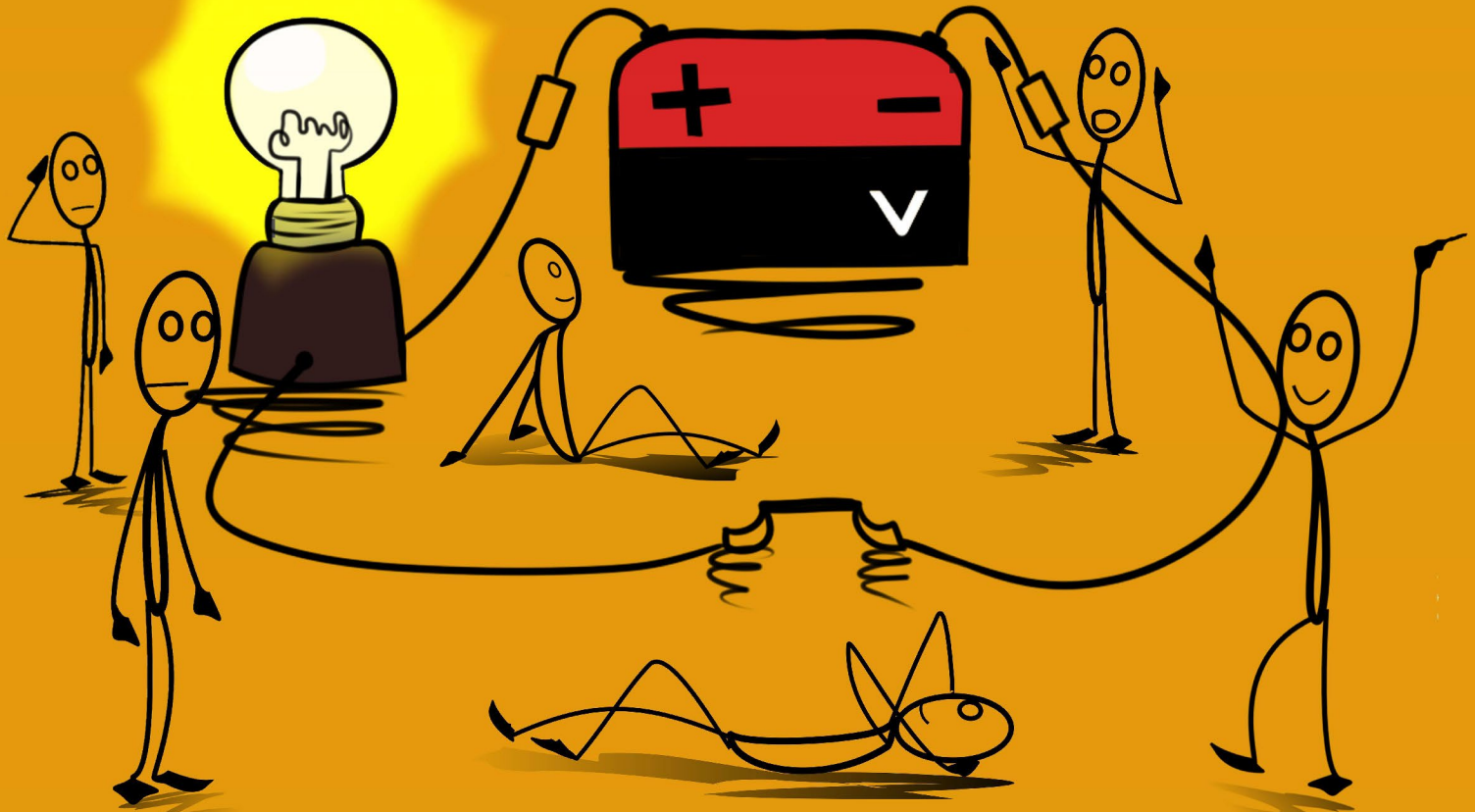
Böyle durum için **güç etkeninin tamamen düzeltilmesi** denir. Pratikte bunun tamamen yerine getirilmesi olamaz, ve o zaman **kısmi telafi** oluyor. $\cos \varphi > 0,8$ değerleri için tatmin edici telafi seviyesine ulaşıldığı kabul ediliyor.

Каунакџа:

1. Чарлс К. Александр и Метју О. Садику, „Основи на електрични кола“, дел од проектот на Влада на РМ „Преведување на 1000 стручни и научни книги и учебници од кои се учи на врвните најреномирани Универзитети во САД и Англија“, спроведено преку МОН, 2017;
2. Леонид Грчев, „Основи на електротехника“, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Скопје, 2017;
3. Зоран Угуровски, „Основи на електротехниката-2“, Просветно дело Скопје, 2000;
4. Руџица Пешевска – Тримоска, „Збирка задачи по основи на електротехника II“, Скопје, 1996;
5. Руџица Пешевска – Тримоска, „Збирка задачи по основи на електротехника I“, Скопје, 1995;
6. д-р Марија Јоноска, „Електромагнетизам“, Универзитет Св. Кирил и Методија, Скопје, 1994;
7. д-р Љубен Јанев и м-р Лидија Олооска-Гагоска, „Основи на електротехниката-1“, Просветно дело Скопје, 1993;
8. д-р Гојко Л. Димиќ и м-р Михаило Д. Митриновиќ, „Збирка задатака из физике“, Граѓевинска књига Београд, 1991
9. м-р Љубен Јанев, „Основи на електротехниката-1“, Просветно дело Скопје, 1986;
10. Хилдегард А. Божиловиќ, Живојин А. Спасојевиќ и Градимир Н. Божиловиќ, „Збирка задатака из основа електротехнике“, I, II, III и IV део, Универзитет у Београду, Научна књига, 1978;
11. Емитер – македонско списание за наука и техника

Elektriksel büyüklükler, işaretlenmeleri ve temel ölçü birimleri:

Elektriksel büyüklük	İşareti	Ölçü birimi
Elektrik miktarı	Q	C-Kulon (Coulomb)
Elektrostatik kuvveti	F	N-Newton
Elektrostatik alanı	E	V/m – metrede volt
Elektrik potansiyeli	φ	V-Volt
Elektrik gerilim	U	V-Volt
Enerji	W	J – Jul (Joule)
Kapasite	C	F – Farad
Direnç	R	Ω - Ohm
İletkenlik	G	S-Siemens
Elektrik akım	I	A- Amper
Rezistörün ısı enerjisi	A	J – Jul (Joule)
Tüketici gücü	P	W-Watt
Manyetik endüksiyon	B	T - Tesla
Manyetik akı	Φ	Wb- Weber
Manyetik alan	H	A/m – metrede Amper
Endüktans	L	H-Henri
Frekans	F	Hz-Hertz
Periyot	T	s-saniye
Açısal hız	ω	Rad/s – saniyede radyan
Reaktif güç	Q	Var –VoltAmper reaktif
Belirgin güç	S	VA - VoltAmper



İÇİNDEKİLER

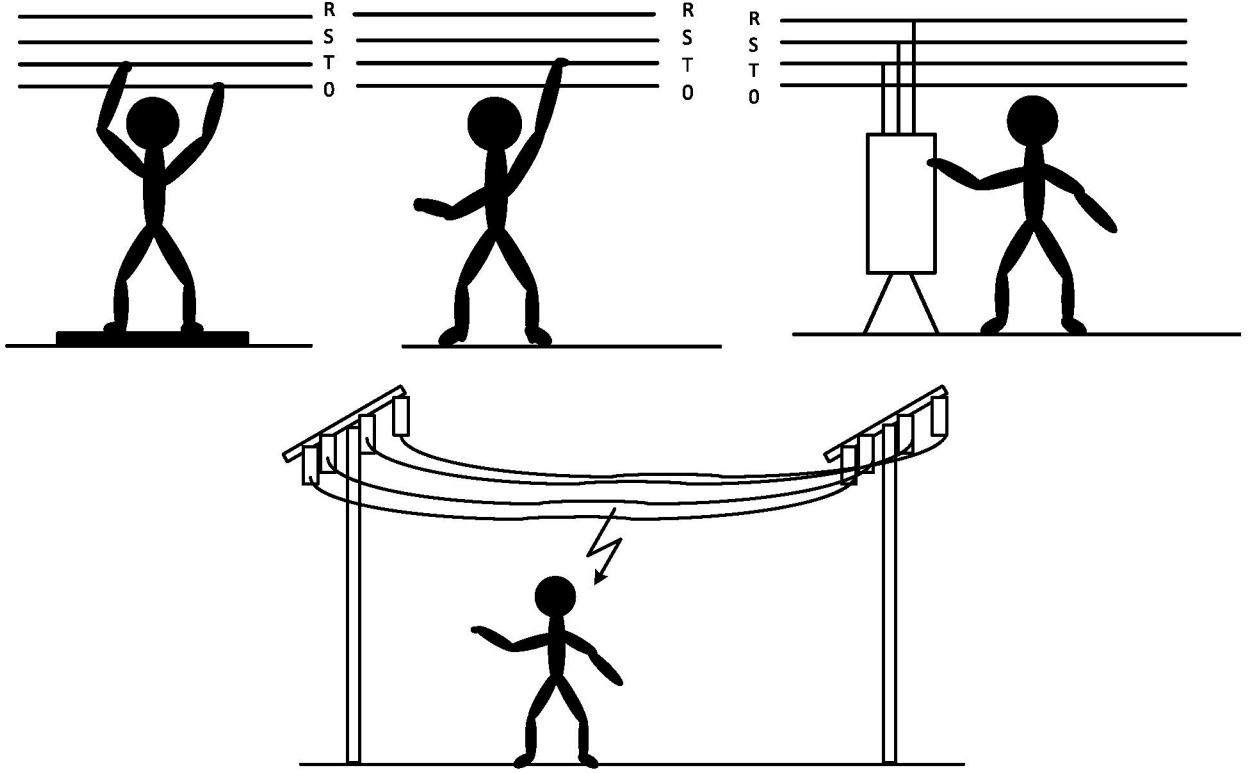
ÇALIŞMA SIRASINDA KORUMA VE ÇEVREYİ KORUMA ÖNLEMLERİ	3
Elektrik Çarpması	3
Elektrik çarpan kişiye yardım etme prosedürleri	4
Koruma önlemleri	5
İşyeri ve Çevreyi Koruma	5
GENEL ÖLÇÜM ALETLERİ	6
Dijital multimetre ile ölçme	8
Analog multimetre ile ölçüm	8
GENEL DENEY KARTI	9
MULTİSİM PROGRAM PAKETİNİ KULLANMA KILAVUZU	10
Bileşenlerin seçimi ve yerleştirilmesi	11
Bileşenlerle işleme	11
Bileşenlerin bağlanması (kablolama)	12
Akım devresinde aletler ekleme	12
Simülasyon	12
Alıştırma 1	14
KONDANSATÖRÜN DOLDURULMASI VE BOŞALTILMASI	
KONDANSATÖRLERİN VERİLEN ELEKTRİK ŞEMAYA GÖRE BAĞLANMASI VE	
KAPASİTENİN ÖLÇÜLMESİ	
Alıştırma 2	17
KONDANSATÖRLERİN VERİLEN ELEKTRİK ŞEMAYA	
GÖRE SERİ VE KOMBİNE BAĞLANMASI VE	
EŞDEĞER KAPASİTENİN ÖLÇÜLMESİ	
Alıştırma 3	20
REZİSTÖRLERİN VERİLEN ELEKTRİK ŞEMAYA GÖRE BAĞLANMASI	
EŞDEĞER DİRENCİN ÖLÇÜLMESİ	
Alıştırma 4	23
BASİT ELEKTRİK DEVREDE OHM YASASI	
ELEKTRİK GERİLİMİN VE ELEKTRİK AKIM GÜCÜNÜN ÖLÇÜLMESİ	
Alıştırma 5	26
JOULE YASASININ DENEYSEL DENETİMİ	
Alıştırma 6	29
KİRCHHOFF YASALARININ DENETİMİ	
Alıştırma 7	32
THEVENİN TEOREMİNİN DENEYSEL DENETİMİ	
SÜPERPOZİSYON YÖNTEMİNİN DENEYSEL DENETİMİ	

THEVENİN TEOREMİNİN DENEYSEL DENETİMİ.....	33
SÜPERPOZİSYON YÖNTEMİNİN DENEYSEL DENETİMİ.....	34
Alıştırma 8	35
ENDÜKTANSI ÖLÇMEK	
ELEKTRO MIKNATISIN YAPIMI	
Alıştırma 9	37
OHMİK REZİSTÖRLÜ DEVREDE ALTERNATİF	
AKIMLARIN VE GERİLİMLERİN ÖLÇÜLMESİ	
Alıştırma 10	40
REZİSTÖR VE BOBİNİN SERİ BAĞLANTISININ VE REZİSTÖR VE	
KONDANSATÖRÜN SERİ BAĞLANTISININ ANALİZİ	
Alıştırma 11	43
REZİSTÖR VE BOBİNİN PARALEL BAĞLANTISININ VE REZİSTÖR VE	
KONDANSATÖRÜN PARALEL BAĞLANTISININ ANALİZİ	
Alıştırma 12	46
SERİ RLC DEVRENİN ANALİZİ	
PARALEL RLC DEVRENİN ANALİZİ	
EKLER	49
EK 1: Kondansatörler	49
Kondansatör türleri	49
Kondansatör işaretlerin okunması	49
Kapasitenin ölçülmesi	50
Kapasiteyi ölçme süreci	50
Elektrolitik kondansatör	51
EK 2 : Led diyotu	52
Vızlayıcı	52
EK 3: Rezistörler	53
Rezistör türleri	53
Rezistörlerin işaretlenmesi	54
Direncin ölçülmesi	55
Direncin dijital multimetre ile ölçülmesi	55
EK 4: Elektrik gerilimin ve elektrik akım gücünün ölçülmesi	56
Elektrik gerilimin ölçülmesi	56
Elektrik akım gücünün ölçülmesi	57
EK 5: Bobinler	58
Bobinlerin işaretlenmesi	58
Endüktansın ölçülmesi	59

ÇALIŞMA SIRASINDA KORUMA VE ÇEVREYİ KORUMA ÖNLEMLERİ

Elektrik Çarpması

Elektrik çarpması, insan bedeni bir şekilde elektrik akım devresinin bir parçası olduğu zaman, veya başka bir deyişle insan vücudundan elektrik akım aktığı durumunda meydana gelebilir. Akımın aktığı yön daha yüksek potansiyele sahip noktadan daha alçak potansiyele sahip noktaya doğrudur. Buna göre, elektrik çarpması, örneğin eğer insan bir eliyle belirli potansiyelde olan iletken veya metal bir nesneye dokunduğu, vücudun diğer kısımlarıyla (diğer el, ayaklar) ise daha alçak potansiyele sahip noktaya dokunduğu zaman meydana gelecektir. Ayrıca, elektrik çarpması, insan yüksek gerilim altında olan iletkenin yakın çevresinde bulunduğu zaman meydana gelebilir.



Şekil 1: Elektrik çarpması

Elektrik akımın insan üzerine etkisi

İnsan vücudundan akan elektrik akımın aşağıdaki etkileri olabilir:

- **Isı etkisi** - ciltte yanıkların ortaya çıkmasıyla kendini belli ediyor, belirli durumlarda ise iç organlarda yanıklar olabilir.
- **Mekanik etki** – kasların ani ve kontrolsüz kasılmaları ile ortaya çıkar ve düşmelere ve mekanik yaralanmalara yol açabilir.
- **Kimyasal etki** – Doğru elektrik akım akışının etkisi altında dokuların dağılması ve kanın elektrolizi ile ortaya çıkar.

Elektrik akımın etkisi bir çok etkene bağlıdır:

- **Akımın şiddeti** (1mA akımı insanın karancalanma şeklinde hissedebildiği elektrik akım şiddetinin en küçük değeridir; 3 ile 5 mA arasında akım – parmakların titremesi; 5 ile 10 mA arasında akım, dirseğin hafif kasılmasına yol açar; 10 ile 20 mA arasında akım - halsizlik, kas spazmları, tansiyonun artmasına yol açar; 20 ile 30 mA arasında akım terleme, nefes darlığıyla beraber göğüslerde kasların kasılmasına yol açar; 30 ile 80 mA arasında akım kalp fibrilasyonu (felçliğine) yol açar; 100 mA akım 3 saniye boyunca akarsa ölümcül olarak kabul edilir.
- **Akımın vücutta akan yolu** – ciddi sonuçlar riski ve akım baştan ya da göğüsten geçerse ölüm riski en büyüktür
- **Etki süresi.** Daha uzun süre etkisi daha ciddi sonuçlara yol açabilir.
- **Frekans.** Frekansın yüksekliği yaraların büyüklüğüne etkiliyor. Frekansın artmasıyla tehlike azalıyor. 1000 Hz'ten daha yüksek frekanslı akımlar tehlikeli değildir ve tedavilerde kullanılıyor.
- **Giysilerin (ayakkabıların) yanı sıra insan vücudunun yalıtımına karşı direnci.** Ayakkabıların veya eldivenlerin daha az yalıtım direnci, ve insan vücudunun daha düşük direnci, daha büyük şiddette akımın akmasına yol açıyor (Ohm yasası), dolayısıyla sonuçlar da daha ciddidir. İnsan vücudunun direnci 1000 ile 3000 Ω arasında değişiyor. Farklı bireylerde, vücudun direnci farklıdır ve vücudun iç yapısına, cildin yapısına ve nemliliğine, kemiklerin yapısına, kasların esnekliğine, kan ve linf sıvısının yapısına, kan damarlarının genişliğine vb. bağlıdır. Örneğin, kuru cildin daha büyük direnci (yaklaşık 500 k Ω), fakat nemlenmiş veya terlemiş cildin daha düşük direnci var (1 k Ω 'dan daha az).
- **Cinsiyet ve yaş.** En hassas olanlar çocuklardır, sonra kadınlar ve en dirençli olanlar yetişkin erkeklerdir.

Elektrik çarpan kişiye yardım etme prosedürleri

1. Önce elektrik devresi kesilmelidir: fişi çekilsin, sigorta aracılığıyla akım devresi bağlantısı kesilmeli veya kuru odun gibi bir yalıtkan yardımıyla elektrik çarpan kişiyi elektrik akımın kaynağından uzaklaştırmalı. Bu arada kurtarıcı, kalın lastik eldivenler giymeli veya ellerini kuru bir bezle sarmalıdır. Ayrıca kurtarıcı bir yalıtım tabanı (lastik veya plastik) yerleştirilerek yerden elektriksel olarak yalıtılmalıdır. Yakınlığında böyle bir taban yoksa herhangi bir kuru bez, giysi parçası veya katlanmış battaniye üzerinde durabilir.
2. Elektrik devresi kesildikten sonra elektrik çarpan kişinin nefes alıp almadığı ve nabızı olup olmadığı kontrol edilir. Nabızı yoksa ve/veya nefes almıyorsa ve kazazedenin bilinci yerinde değilse hemen ambulans çağrılmalıdır. Resüsitasyon eğitimi almış biri varsa kalp masajına ve suni solunum yapmaya hemen başlayabilir.
3. Elektrik çarpması yıldırım çarpması sonucu olarak meydana geldiyse, yardım için aynı kurallar geçerlidir, kazazedenin hemen dokunulması tehlikeli değildir, yani yardımcı sağlayan kişi için elektrik çarpması riski yoktur.

Koruma önlemleri

Elektrikle çalışırken son derece dikkatli olunması gerekiyor. Elektrik çarpmasını önlemek için uyulması gereken temel kurallardan bazıları şunlardır:

- Yalıtımlı saplı aletlerin kullanılması. Her kullanımdan önce, her alet, herhangi bir parçanın yalıtımında hasar olup olmadığı dikkatle incelenmelidir.
- Bir şey bağlandığında veya herhangi bir arıza giderildiğinde, gerilim kaynağını kapatmak en iyisidir.
- Yalıtılmamış iletkenlere asla çıplak ellerle dokunulmamalıdır.
- Tüm elektrikli cihazlarla, özellikle koruyucu topraklaması olmayan cihazlarla en üst düzeyde dikkatle çalışılmalıdır.
- Elektrolitik kondansatörler enerji depolama özelliğine sahip elemanlardır. Kondansatörler, elektrik devresinden ayrıldıktan sonra bile çıkışların gerilimini "tutar". Bu nedenle boşaltılmaları gerekir. Kondansatör çıkışlarının kısa bağlantıyla cihaz kapatılarak boşaltma gerçekleştirilir.
- Gerilim altında ölçüm yaparken, ölçüm kablolarının yalıtımı her zaman kontrol edilmelidir.
- Islak zemin veya metal zemin üzerinde bulunuyorsanız elektrikli ekipman dokunulmamalıdır.
- Elektrikli ekipmana ıslak ellerle dokunulmamalıdır.
- Elektrik devresinin gerilim altındaki herhangi bir kısmı dokunulmamalıdır.
- Aynı anda elektrikli ekipmanın iki kısmına dokunulmamalıdır.
- İncelenen veya ölçülen ve gerilim altında olan iletken, rezistör veya kart soğutucusu dokunulmamalıdır, çünkü sıcak olabilirler ve yanıklara yol açabilirler.
- Elektrik akımdan kaynaklanan yangın su ile söndürülmez.
- Her zaman orijinal sigortalar kullanılmalıdır.

İşyeri ve Çevreyi Koruma

Herhangi bir iş gerçekleştirirken, insanların güvenliği ve sağlığı her zaman birinci yerde olmalıdır. İş yeri her anda düzenli ve temiz olmalıdır. Çalışma ortamı, izin verilen maksimum seviyelere ilişkin belirli standartları yerine getirmelidir; gürültü, titreşim, sıcaklık, aydınlık, hava nemi.

Temiz ve güvenli bir işyerine özen göstermenin yanı sıra, herkesin çevrenin korunmasına katkıda bulunma yükümlülüğü vardır.

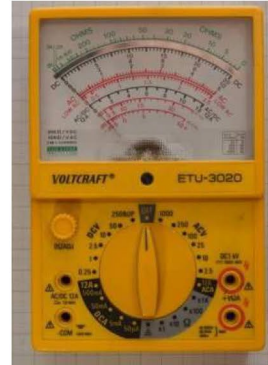
Elektrikli ve elektronik cihazlar (bilgisayarlar, monitörler, telefonlar, televizyonlar, piller, aküler...) insan sağlığına zararlı elementler içerir (kurşun, cıva, kadmiyum, arsenik, berilyum, farklı asitler...). Bu nedenle, kullanılmış ve kullanılamaz durumda olan elektrikli ve elektronik cihazlar, bu amaç için ayrılan özel bir yerde toplanmalıdır. Diğer atıklarla karıştırılmamalıdır. Bu şekilde davranarak herkes çevrenin ve insan sağlığının korunmasına katkıda bulunmaktadır. Bu atıklar geri dönüştürülebilir ve elektrikli ve elektronik cihazlarda bulunan bazı malzemeler yeniden kullanılabilir (değerli metaller, plastikler, demir, bakır, alüminyum...). Elektrikli ve elektronik atıkların uzaklaştırılması için toplama ve taşıma için yetkili olan şirket çağrılmalıdır.

GENEL ÖLÇÜM ALETLERİ

Genel ölçüm aletleri veya multimetre olarak da adlandırılan aletler, temel elektrik büyüklüklerini ölçmek için kullanılır: elektrik gerilimi, elektrik akım gücü ve elektrik direnci. Günümüzde, modern cihazlar, diğer büyüklükleri de ölçme yeteneğine sahiptir: kapasite, endüktans, frekans... Bazı multimetre modelleri, elektriksel olmayan büyüklükleri de ölçme yeteneğine sahiptir: örneğin sıcaklık.

Multimetre yardımıyla bazı elektronik bileşenlerin doğruluğu kontrol edilebilir: rezistörler, kondansatörler, diyotlar, transistörler ...

Yapılına bağlı olarak analog multimetreler (Şekil 2) ve dijital multimetreler (Şekil 3) vardır. Temel fark (ölçüm aletinin kullanıcısı açısından), ölçülen büyüklüğün değerinin okunduğu göstergenin türü ve ölçülen büyüklüğün değerinin okunma şeklidir.



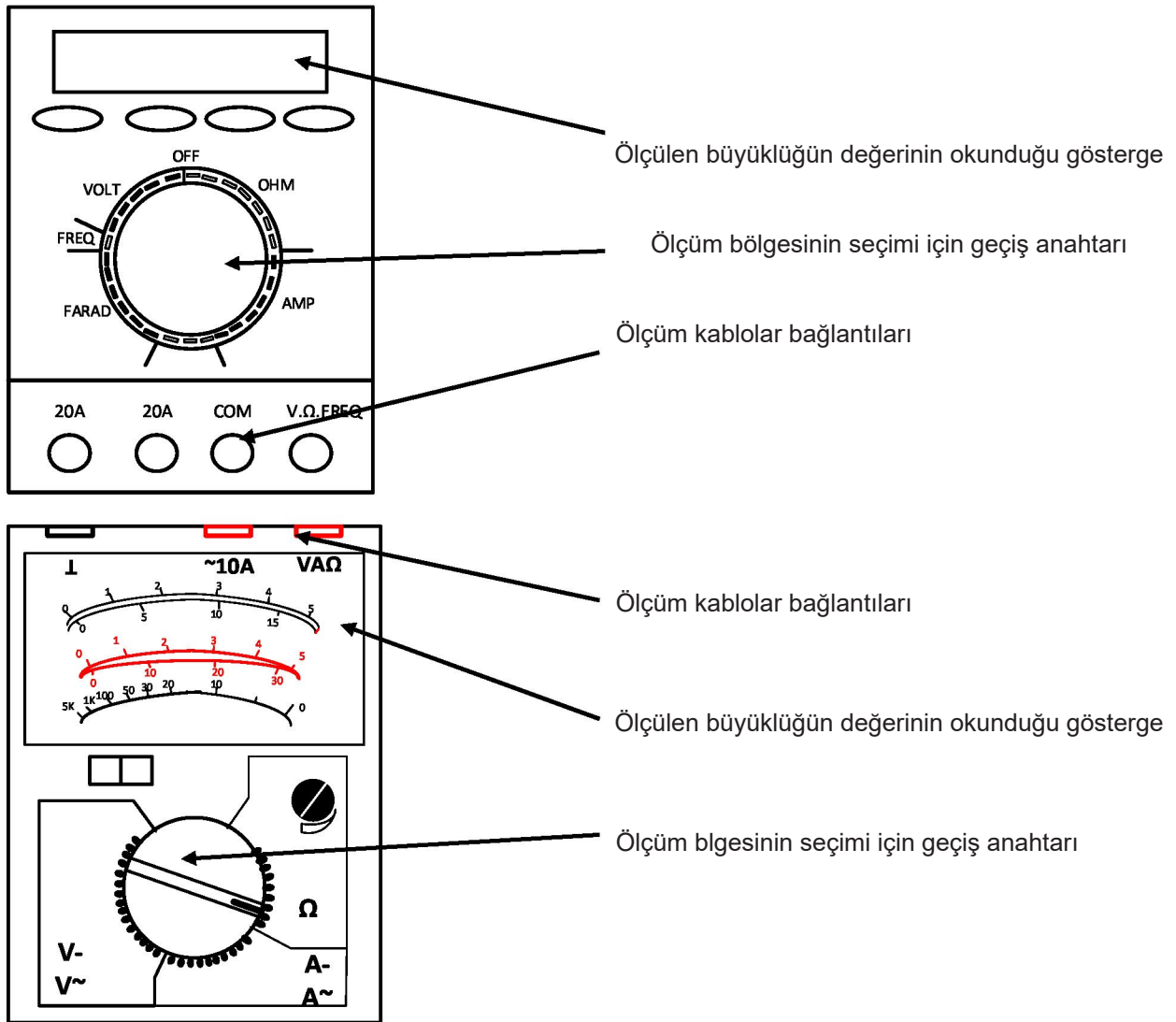
Şekil 2: Analog ölçüm aletleri



Şekil 3: Dijital ölçüm aletleri

Her multimetre aşağıdaki temel oluşturucu parçalara sahiptir:

- 1. Ölçüm bölgesi seçimi için geçiş anahtarı.** Kullanıcı, anahtarı çevirerek ölçüm bölgesini seçiyor, yani alet bir voltmetre (gerilimi ölçmek için ölçüm bölgesi), bir ampermetre (elektrik akımın şiddetini ölçmek için ölçüm bölgesi) veya bir ohmmetre (direnci ölçmek için ölçüm bölgesi) olarak çalışacak şekilde ayarlanır. Her ölçüm bölgesi çerçevesinde birkaç ölçüm aralığı vardır.
- 2. Ölçülen büyüklüğün değerinin okunduğu gösterge.** Analog aletlerde gösterge mekaniktir ve ölçülen büyüklüğün değeri, kalibre edilmiş ölçüm ölçeği üzerindeki ölçüm okun pozisyonuna göre okunur. Dijital cihazlarda, gösterge olarak çok haneli ekran kullanılır.
- 3. Ölçüm kablolar bağlantıları**



Şekil 4: Dijital ve analog multimetrenin temel oluşturucu parçaları

Ölçüm bölgelerin işaretlenmesi ve geçiş anahtarı, farklı ölçüm aletler üreticilerinde farklı olabilir. En sıkça kullanılan işaretler şunlardır:

- Ω veya OHM, ohmik direnci için
- ACV, V_{\approx} , \tilde{V} alternatif gerilim için
- DCV, V_{--} , \bar{V} doğru akım için
- ACA, A_{\approx} , \tilde{A} alternatif akım için
- DCA, A_{--} , \bar{A} doğru akım için

Analog ve dijital multimetre ile ölçme şekli, genelde aşağıda listelenen bir kaç adımdan oluşuyor:

1. Ölçüm bölgesi seçimi
2. Ölçüm aralığı seçimi. Ölçüm aralığının seçimi sırasında iki durum mümkündür. Ölçülmesi gereken büyüklüğün değerinin bilinmediği durumda, o zaman en yüksek ölçüm aralığı seçilir. Ölçülmesi gereken değerinin bilindiği durumda, o zaman o değerden ilk daha yüksek ölçüm aralığı seçilir.
3. Ölçülen büyüklüğün değerini okumak. Ölçülen büyüklüğün değerinin okunması, analog ve dijital multimetrede farklıdır.

Dijital multimetre ile ölçme

Dijital multimetre yardımıyla yapılan ölçme, sonucun en fazla basamakla görüntülediği ölçüm aralığı seçildiğinde en doğru olacaktır.

Dijital multimetrelerde, ölçülen büyüklüğün değeri doğrudan ölçüm aletinin ekranında okunur. Sonucu okurken, geçiş anahtarın pozisyonuna göre, seçilen aralığın hangi önek olduğuna dikkat edilmelidir (m-mili, K-kilo, M-mega). Bu önek, ölçülen büyüklüğün ölçü biriminin önüne eklenir. Seçilen aralığın ön eki yoksa, elde edilen sonucun ölçülen fiziksel büyüklüğün temel ölçü biriminde ifade edildiği anlamına gelir.

Ölçülen büyüklük, ölçüm aralığından daha büyükse, ölçüm aletine zarar vermez, sadece ekranda 1 rakamı veya QL görüntülenecektir. Dijital multimetre yardımı ile tek yönlü büyüklükler ölçerken, siyah ve kırmızı test kablosunun pozisyonunun değişmesi durumunda multimetre zarar görmez ve ölçüm sonucundan önce "-" yazılarak hata bildirilir. Elektrik akımının gücünü ölçerken dikkatli edilmelidir, çünkü ölçülen akım seçilen aralıktan daha büyükse, alete yerleştirilmiş sigorta yanacaktır.

Analog multimetre ile ölçüm

1. Ölçüm aralığı seçimi. Ölçümün mümkün olabildiği kadar doğru olması için, ölçüm okunun ölçüm ölçeğinin ikinci yarısında olacağı ölçüm aralığı seçilmelidir.
2. Ölçüm sabitinin belirlenmesi. Ölçüm sabiti, ölçüm aralığının üst sınırının ölçekteki toplam bölme sayısı ile bölünerek belirlenir. Ölçüm sabitinin çarpılması kolay bir sayı olduğu ölçüm ölçeği seçilirse, ölçüm çok daha basit olacaktır (örneğin, 0,1; 1; 10 veya 100).
3. Sonucu okuma. Ölçüm sırasında ölçüm okunun pozisyonuna kadar bölme sayısı belirlenir ve ondan sonra bu sayı ölçüm sabiti ile çarpılarak ölçüm sonucu elde edilir.

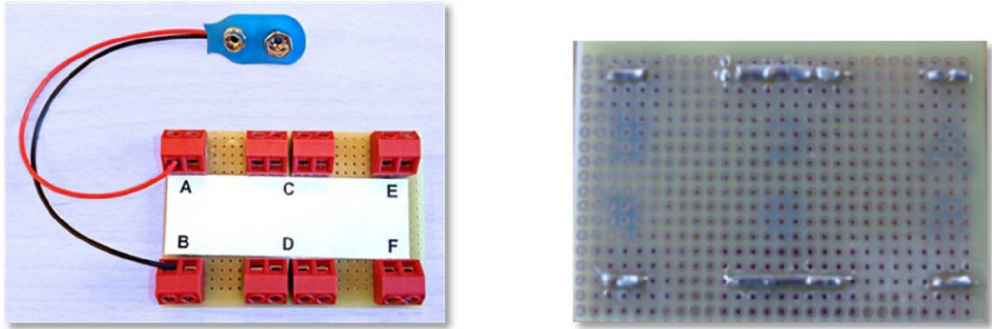
GENEL DENEY KARTI

Pratik alıştırılmaları gerçekleştirmek için modellerin veya genel deney kartın kullanılması tavsiye edilir. Devamda, bu çalışma kitabının tüm alıştırılmaları için elektrik devrelerinin planlanabileceği ve uygulanabileceği temel olarak kullanılacak bir genel kartın açıklaması verilmektedir.

Bu küçük deney kartı, 5 x 7,5 cm boyutlarında delikli baskılı devre kartından yapılmıştır. Kartta 8 adet çift kutuplu klemens (PSB terminaller) yerleştirilip lehimlenmiştir. Terminaller sağdaki şekildeki gibi lehimlenir ve birbirine bağlanır. Böylece, akım devrelerinin oluşturulacağı 6 düğüm A, B, C, D, E ve F elde edilmiştir. Şekillerden görülebileceği gibi, A, B, E ve F uç düğümleri, birbirine bağlı kontaklara sahip bir terminalden oluşur ve elemanların uçlarını yerleştirmek için iki deliği vardır. Orta düğümler C ve D, birbirine bağlı kontaklara sahip iki terminalden oluşur, bu nedenle bu düğümlerin elemanların uçlarını yerleştirmek için 4 deliği vardır.

Bu deneysel kartta bir akım devresi oluşturmak için, ilk önce o devrenin elektrik şemasını dikkatlice incelemeli, elektrik devresinin düğümlerini not etmeli ve ardından elektrik devresindeki aynı elektrik bağlantılarını elde etmek için devrenin elemanlarının kartta nasıl yerleştirileceğinin planını çizmeliyiz (montaj şeması). Bu arada, elemanlarının karttaki fiziksel düzenlemesi elektrik şeması ile aynı olmak zorunda değildir, ancak elektrik bağlantıları eşit **olmalıdır**.

Devrenin kurulumu için elemanlar yanısıra PVC izolasyonlu iletkenler ve küçük bir tornavida gereklidir. İletkenlerin uçlarından 5 ila 10 mm uzunluğunda izolasyon çıkarılmalıdır, tornavida ise terminallerden vidaları sökmek için kullanılır. Elektrik akım devresi, elemanların ve iletkenlerin montaj şemasına göre yerleştirilerek, elemanların iletkenlerinin ve iletkenlerin uçlarının bağlantılarını deliklerine yerleştirilerek ve vidaları dikkatlice çevirterek oluşur. Bu arada elemanların karışmamasına dikkat edilmelidir. Devre kurulduktan sonra, tüm bağlantıların ve elemanların doğru şekilde kurulup kurulmadığına ilişkin tam kontrol daha yapılmalıdır. Ardından devre gerilim kaynağına bağlanabilir (gerilim kaynağı genelde pil, doğru gerilim kaynağı veya transformatördür) ve öngörülen ölçümler gerçekleştirilebilir.



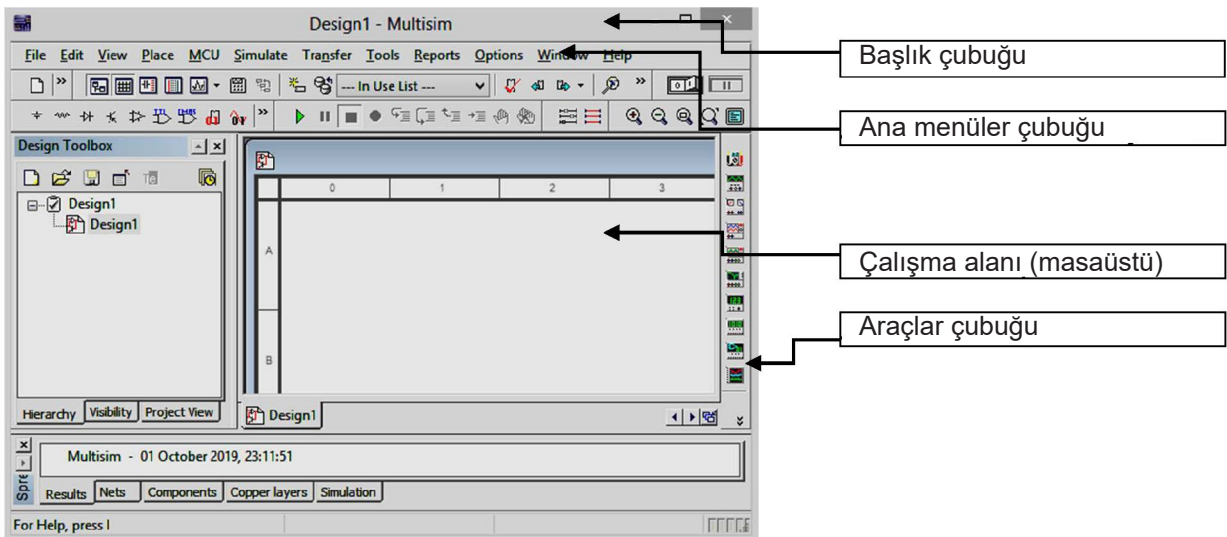
Şekil 5: Genel deney kartı

MULTİSİM PROGRAM PAKETİNİ KULLANMA KILAVUZU

Bu kılavuzun amacı, öğrencilere program simülasyonu üzerinden akım devreleri tasarlamayı ve analiz programlarının temel adımları tanıtmaktır. Edinen bilgiyi uygulayarak, öğrenciler başlangıçta basit akım devreleri oluşturacak, daha sonra ise daha karmaşık akım devrelerle çalışabilecek ve ölçmeler ve analizler gerçekleştirebilecek.

Multisim programlama paketi, farklı analog ve dijital akım devrelerinin modellenmesine yardım eden, akım devre simülasyon platformudur. Bu yazılım herhangi bir düşünülmüş akım devresinin modellenmesini ve o devrenin bileşenlerin farklı değerleri için işlevselliğinin kontrol edilmesini sağlıyor. Kullanıcı için binlerce parça ve bileşen mevcuttur.

Bu yazılımın lisanslı sürümü www.ni.com/multisim web sayfasından indirilebilir. Aynı yazılım, olanaklarını görebilmek için 30 günlük bir deneme süresi boyunca web sitesinden indirilebilir.

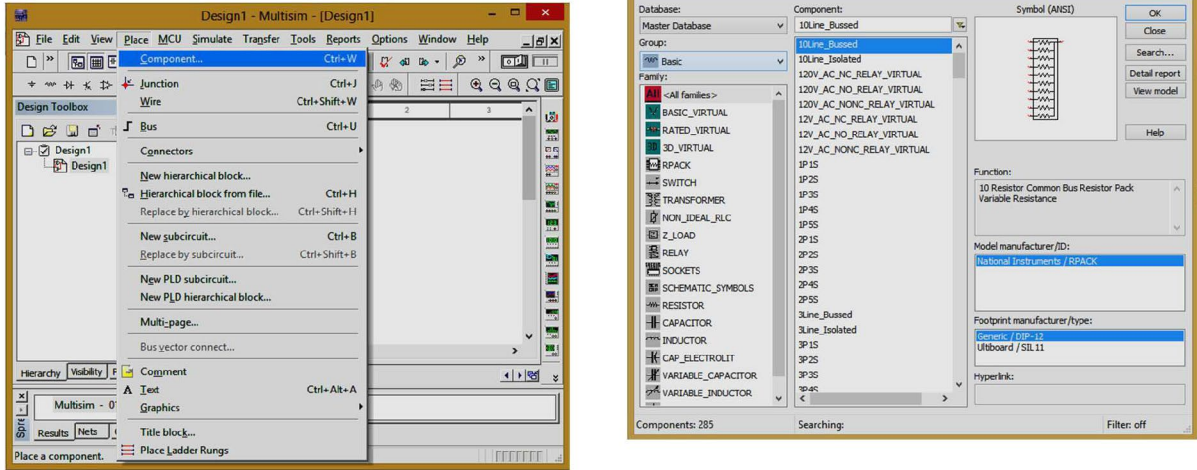


Şekil 6. Çalışma alanı (NI Multisim 14.0)

Multisim'i başlatarak, yeni bir akım devresinin modellenmesi için çalışma alanı açılıyor. Başlık çubuğunda Design teklif edilen isim duruyor. Başka bir isimle yapılan elektrik akım devrenin kaydedilmesi için, ana menüler çubuğundan File-Save As seçiliyor ve istenilen isim yazılıyor. Önceden yapılmış bir dosyanın açılması için File-Open seçiliyor ve açılması gereken belge seçiliyor.

Bileşenlerin seçimi ve yerleştirilmesi

Akım devresinin oluşturulması, elemanların seçimi ve çalışma alanında yerleşmesiyle başlar. Ana menüler çubuğundan Place -> Component seçiliyor. Şekil 7’de gösterilen pencere açılıyor.



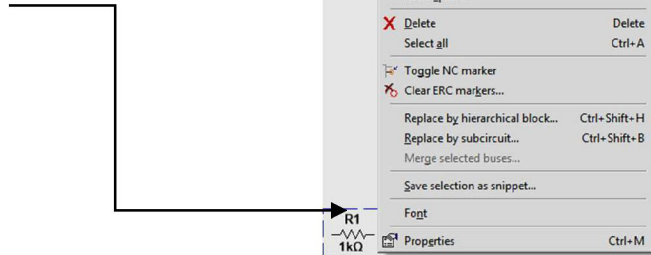
Şekil 7. Bileşenlerin yerleştirilmesi

Burda akım devresinin oluşturulması için tüm elemanlar bulunmaktadır. Alıştırımlarımızın gerçekleştirilmesi için, rezistörler (resistors), bobinler (inductors), kondansatörler (capacitors), tek yönlü gerilim kaynağı (VDC), alternatif gerilim kaynağı ve topraklama (ground) gerekir.

Group açılan menüde Basic seçiliyor ve burada şu elemanlar bulunuyor: rezistörler, kondansatörler ve bobinler. Bu bileşenlerden birini seçerek, standart değerler ve toleranslar listesi ortaya çıkıyor. Bileşen çekilerek çalışma alanına getiriliyor. Doğru gerilim kaynağı Sources açılan menüde bulunuyor. Bizim alıştırımlarımızın ihtiyaçları için DC_Power elemanı seçiliyor. Aynı açılan menüde topraklama (ground) da seçiliyor.

Bileşenlerle işleme

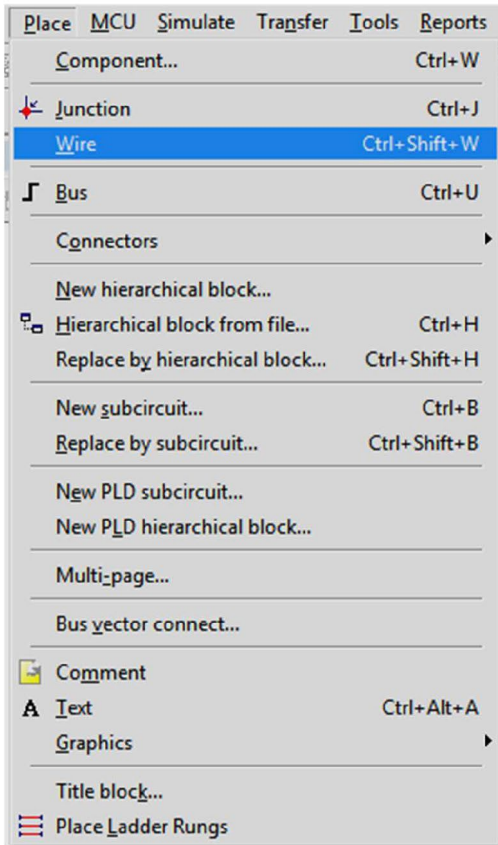
Farenin bileşenlerden biri üzerine sağ tıklamayla, seçiler elemanlarla farklı işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan pencere açılıyor



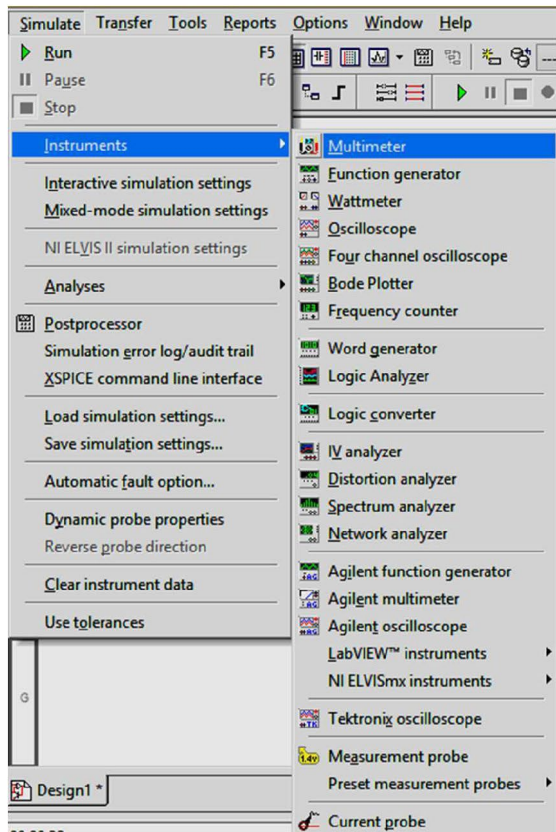
Şekil 8. Bileşenlerle işleme

Bileşenlerin bağlanması (kablolama)

Araçlar çubuğundan Place -> Wire seçiliyor. İletken, iletkenin başlangıç pozisyonunu imlecin o yerde yerleşmesiyle belirlenecek şekilde yerleştiriliyor. Farelin sol düğmesine tıklayarak başlangıç sabitleniyor, ardından iletkenin bitmesi gereken yere kadar çekilir ve o pozisyonda fareye çift tıklayarak iletkenin sonu sabitlenir. İletkenin kırılması gerekiyorsa, kırılma noktasında fareye tek tıkla tıklanıyor ve oradan devam ediliyor.



Şekil 9. Kablolama



Şekil 10. Aletler ekleme

Akım devresinde aletler ekleme

Aletler çubuğu genellikle çalışma alanının sağ tarafında bulunmaktadır. Eğer yoksa, o zaman View -> Toolbars -> Instruments açılan menüden çıkarılması gerekiyor. Alet seçimi, doğrudan aletler çubuğundan veya ana menüler çubuğundan Simulate->Instruments açılan menüden yapılabilir. Bizim alıştırılmalarımız için en sıkça olarak sanal multimetre (multimeter) kullanacağız.

Sanal multimetre yanısıra, ana menüler çubuğundan Place -> Components->Group ->Indicators -> Family ->Voltmeter (Ampermetre) seçilerek çekilen voltmeter (voltmeter) ve ampermetre (ampermetre) aletleri de kullanılacak.

Alternatif akımlar modüler biriminden alıştırmalar için, şu sanal aletler de kullanılacaktır: sanal işlev jeneratör ve osiloskop (salınımler). Sanal işlev jeneratör , genliğin ve frekansın ayarlanabileceği, sinüsoidal dalga biçimli alternatif sinyalin elde edilmesi için kullanılacak. Osiloskop yardımıyla gerilimlerin dalgasal şekli izlenecek. Bu aletler, multimetrenin bulunduğu aynı açılan menüden çekiliyorlar.

Aletlerin ölçmek için ayarlanması, alet üzerine çift tıklayarak yapılıyor. Tüm gereken ayarların yapılacağı pencere açılıyor.

Simülasyon

Simülasyon, Simulate açılan menüden Run seçeneğini seçerek, yada klavyede F5 tuşuna basarak başlatılıyor. Simülasyon, aletler ubuğundan Run/Stop düğmesine tıklayarak da başlatılabilir. Simülasyon sırasında, ayrı pencerede yazılan hatalar da meydana gelebilir. Simülasyon esnasında elemanlarda veya ölçüm aletlerinde hiçbir değişikliğin yapılması mümkün değildir. Simülasyon, Simulate -> Pause düğmesine tıklayarak durdurulabilir. Yapılan olası düzeltmelerden sonra simülasyonun devam etmesi için Run/Stop düğmesine bastırılıyor.

Alıştırma 1

KONDANSATÖRÜN DOLDURULMASI VE BOŐALTIMASI
KONDANSATÖRLERİN VERİLEN ELEKTRİK ŞEMAYA GÖRE BAĞLANMASI VE
KAPASİTENİN ÖLÇÜLMESİ

Alıştırmanın amacı, öğrencilerin kondansatörü temel özelliği kapasitesi ve enerji depolama yeteneği olan eleman olarak tanınmasıdır. Aynı zamanda öğrenciler, elektrik gerilimin ve kondansatörlerin kapasitesini ölçmek için kullanacakları multimetreyle ilk kez karşılaşacaklar. Alıştırmanın ikinci bölümünün amacı, öğrencilerin kondansatörleri verilen elektrik Şemasına göre paralel bağlantıda bağlaması ve eşdeğer kapasiteyi ölçmektir.

Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, Şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi hatırlayın: kondansatörler, kapasite, kondansatör türleri, kapasite için temel ölçü birimi, temel birimden daha küçük ve daha büyük birimler, kondansatörlerin paralel bağlantısı.

Alıştırmanın kısa açıklaması

Alıştırma üç bölümden oluşuyor:

- I. Kondansatörlerin doldurulması ve boşaltılması
- II. Kondansatörlerin kapasitelerinin ölçülmesi
- III. Kondansatörlerin paralel bağlantıda bağlanması ve eşdeğer kapasitenin ölçülmesi

Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için gerekli malzemeler ve ekipman

Alıştırmanın birinci bölümü için

1. Kapasitesi $C = 470 \mu F$ ve en yüksek izin verilen gerilimi $U_{max} = 25V$ olan elektrolitik kondansatör
2. 15V'a kadar çalışma gerilimi dayanabilen piezo vızlayıcı (buzzer)
3. Led diyotu
4. 9V'luk pil
5. Model veya genel deney kartı
6. Bağlamak için yalıtılmış teller
7. 2 tuő

Alıştırmanın ikinci bölümü için

1. C_1 , C_2 , C_3 ve C_4 kapasiteli dört kondansatör
2. Kapasiteyi ölçme bölgesi olan dijital multimetre (veya özel olarak kapasitenin ölçülmesi için amaçlı başka bir alet)
3. Genel deney kartı

Ev ödevi (ev ödevinin, uygulamalı alıştırmalar için öngörülen dersten önce verilmesi ve çözülmesi tavsiye edilir):

Aşağıdakilerin eşdeğer kapasitelerini hesaplayın

1. Farklı kapasiteye sahip iki paralel bağlı kondansatör
 $C_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $C_2 = \underline{\hspace{2cm}}$
2. Aynı kapasiteye sahip iki paralel bağlı kondansatör
 $C_3 = \underline{\hspace{2cm}}$; $C_4 = \underline{\hspace{2cm}}$
3. Şu kapasitelere sahip üç paralel bağlı kondansatör:
 $C_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $C_2 = \underline{\hspace{2cm}}$; $C_3 = \underline{\hspace{2cm}}$

Laboratuvar alıştırmaları için çalışma kitabı

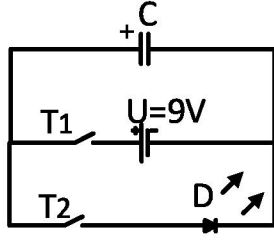
Alıştırma 1 KONDANSATÖRÜN DOLDURULMASI VE BOŞALTILMASI KONDANSATÖRLERİN VERİLEN ELEKTRİK ŞEMAYA GÖRE BAĞLANMASI VE KAPASİTENİN ÖLÇÜLMESİ		
Modüler birim: Elektrostatik	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş

Pilin gerilimini ölçün $U = \text{_____}$ [].

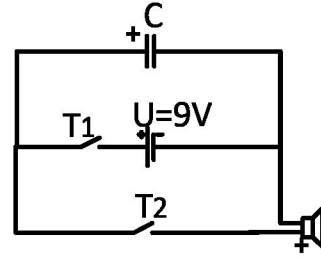
Ek 4'te elektrik gerilimin multimetreyle ölçülmesi açıklanmıştır.

Ölçme sırasında multimetreyi hangi ölçüm bölgesinde ayarladınız? Ölçmeyi hangi ölçüm aralığında gerçekleştirdiniz? (Geçiş anahtarın pozisyonu neydi)

Şekil 1.1a'da gösterilen elektrik şemaya göre akım devresi oluşturun (elemanlar hakkında Ek 1 ve 2'de açıklamaya bakınız)



a)



b)

Şekil 1.1

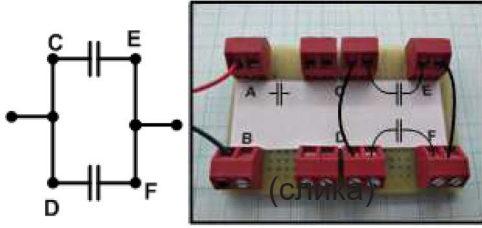
T_1 tuşuna basın. Tuşu bir kaç saniye bastırılmış tutun ve sonra bırakın. T_1 tuşu bastırılmışken ne oluyor? T_1 tuşuna bastığımız anda pilden ve kondansatörden oluşmuş olan akım devresi kapanıyor. Kondansatör dolmaya başlıyor, uçlarındaki gerilim ise artmaya başlıyor. Tuşu bıraktıktan sonra, kondansatör doldurulmuş durumdadır ve uçlarındaki gerilim pilin gerilimine eşittir.

1. T_2 tuşuna basın. T_2 tuşun bastırılmasıyla bu kez pil ve led diyottan oluşan akım devresi kapanıyor. Şimdi kondansatör gerilim kaynağı gibi davranıyor. Diyot doğrudan 9V gerilime bağlıdır, ondan akım akacak ve ışıdamaya başlayacak. Kondansatör boşalmaya başlayacak, uçlarındaki gerilim yavaş yavaş azalacak. Diyotla ne olduğunu gözlemleyin! Kendi yorumunuzu verin.

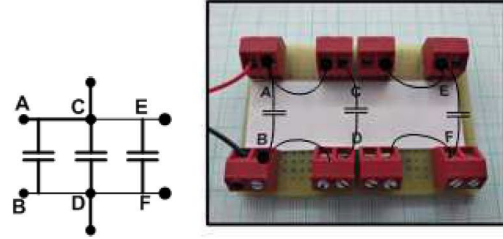
Şekil 1.1.'b)'deki elektrik şemaya göre akım devresi oluşturun. Bu elektrik şeması önceki şemayla aynıdır, sadece diyot yerine tüketici olarak burada piezo vızıltayıcı kullanılmıştır. Alıştırmayı bu akım devresiyle tekrarlayın. Bu devrede şimdi ne olduğunu açıklayın.

1. Verilen kondansatörlerin kapasitelerini ölçün (Ek 1’de verilen açıklamaya bakın). Ölçülen değerleri aşağıdaki tabloda yazın. Ölçmeyi hangi ölçüm aralığında yaptığınızı belirtin.

Kondansatör	C_1	C_2	C_3	C_4
Ölçülen kapasite				
Ölçüm aralığı				



Şekil 1.2



Şekil 1.3

C_1 ve C_2 kondansatörlerini paralel olarak bağlayınız (Şekil 1.2). Eşdeğer kapasiteyi ölçün. Ölçülen değeri tablonun uygun yerinde not edin.

C_3 ve C_4 kondansatörlerini paralel olarak bağlayınız. Eşdeğer kapasiteyi ölçün. Ölçülen değeri tablonun uygun yerinde not edin.

Tablonun uygun yerinde, her iki durum için ölçülen eşdeğer kapasitenin teorik değerlerini yazınız.

Farklı kapasiteli iki kondansatörün paralel bağlantısı		Aynı kapasiteli iki kondansatörün paralel bağlantısı	
Ölçülen değer	Teorik değer	Ölçülen değer	Teorik değer

C_1 , C_2 ve C_3 kondansatörlerini paralel olarak bağlayınız (Şekil 1.3). Eşdeğer kapasiteyi ölçün. Ölçülen değeri tablonun uygun yerinde not edin.

Üç kondansatörün paralel bağlantısı	
Ölçülen değer	Teorik değer

Her üç durumda elde edilen sonuçları analiz edin. Ölçülen ve hesaplanan değerleri karşılaştırın. Görüşlerinizi yorumlayın.

Alıştırma 2
KONDANSATÖRLERİN VERİLEN ELEKTRİK ŞEMAYA
GÖRE SERİ VE KOMBİNE BAĞLANMASI VE
EŞDEĞER KAPASİTENİN ÖLÇÜLMESİ

Alıştırmanın amacı, öğrencilerin elektrik şemaya göre kondansatörleri seri ve kombine bağlantılarla bağlamaları ve eşdeğer kapasiteleri ölçmeleridir.

Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi hatırlayın: kondansatörler, kapasite, kondansatör türleri, kapasite için temel ölçü birimi, temel birimden daha küçük ve daha büyük birimler, kondansatörlerin seri ve kombine bağlantısı.

Alıştırmanın kısa açıklaması

Alıştırma üç bölümden oluşuyor:

- I. Kondansatörlerin kapasitelerinin ölçülmesi
- II. Kondansatörler seri bağlantıda bağlanması ve eşdeğer kapasitenin ölçülmesi
- III. Kondansatörler kombine bağlantıda bağlanması ve eşdeğer kapasitenin ölçülmesi

Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için gerekli malzemeler ve ekipman

1. C_1 , C_2 , C_3 ve C_4 kapasiteli dört kondansatör

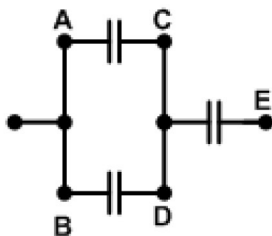
Kapasiteyi ölçme bölgesi olan dijital multimetre (veya özel olarak kapasitenin ölçülmesi için amaçlı başka bir alet)

2. Genel deney kartı

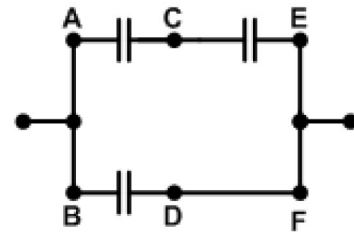
Ev ödevi (ev ödevinin uygulamalı alıştırılmalar için öngörülen dersten önce verilmesi ve çözülmesi tavsiye edilir):

Aşağıdakilerin eşdeğer kapasitelerini hesaplayın

1. Farklı kapasiteye sahip iki seri bağlı kondansatör
 $C_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $C_2 = \underline{\hspace{2cm}}$
2. Aynı kapasiteye sahip iki seri bağlı kondansatör
 $C_3 = C_4 = \underline{\hspace{2cm}}$
3. $C_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $C_2 = \underline{\hspace{2cm}}$; $C_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ kapasiteli üç seri bağlı kondansatör
4. $C_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $C_2 = \underline{\hspace{2cm}}$; $C_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ kapasiteli aşağıdaki şemalara göre üç kombine bağlı kondansatör:
 - a) Şema 1;
 - b) Şema 2



a) Şema 1



b) Şema 2

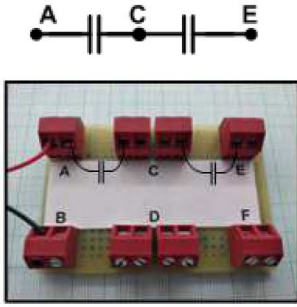
Şekil 2.1

Laboratuvar alıştırma için çalışma kitabı

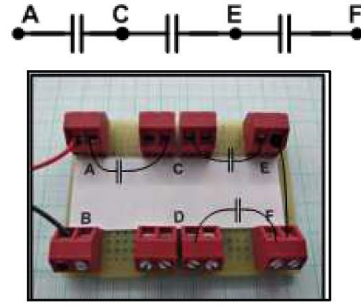
Alıştırma 2 KONDANSATÖRLERİN VERİLEN ELEKTRİK ŞEMAYA GÖRE SERİ VE KOMBİNE BAĞLANTIDA BAĞLANMASI VE EŞDEĞER KAPASİTENİN ÖLÇÜLMESİ		
Modüler birim: <i>Elektrostatik</i>	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş

- Verilen kondansatörlerin kapasitelerini ölçün (Ek 1’de verilen açıklamaya bakın). Ölçülen değerleri aşağıdaki tabloda yazın. Ölçmeyi hangi ölçüm aralığında yaptığınızı belirtin.

Kondansatör	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
Ölçülen kapasite				
Ölçüm aralığı				



Şekil 2.2



Şekil 2.3

II. Kondansatörlerin seri bağlantıda bağlanması ve eşdeğer kapasitenin ölçülmesi

- C₁ ve C₂ kondansatörlerini seri olarak bağlayınız (Şekil 2.2). Eşdeğer kapasiteyi ölçün. Ölçülen değeri tablonun uygun yerinde not edin.
- C₃ ve C₄ kondansatörlerini seri olarak bağlayınız. Eşdeğer kapasiteyi ölçün. Ölçülen değeri tablonun uygun yerinde not edin.
- Tablonun uygun yerinde, her iki durum için eşdeğer kapasitenin teorik (hesaplanan) değerlerini yazınız

Farklı kapasiteli iki kondansatörün seri bağlantısı		Aynı kapasiteli iki kondansatörün seri bağlantısı	
Ölçülen değer	Teorik değer	Ölçülen değer	Teorik değer

- C₁, C₂ ve C₃ kondansatörlerini seri olarak bağlayınız (Şekil 2.3). Eşdeğer kapasiteyi ölçün. Ölçülen değeri tablonun uygun yerinde not edin.

Üç kondansatörün seri bağlantısı	
Ölçülen değer	Hesaplanan değer

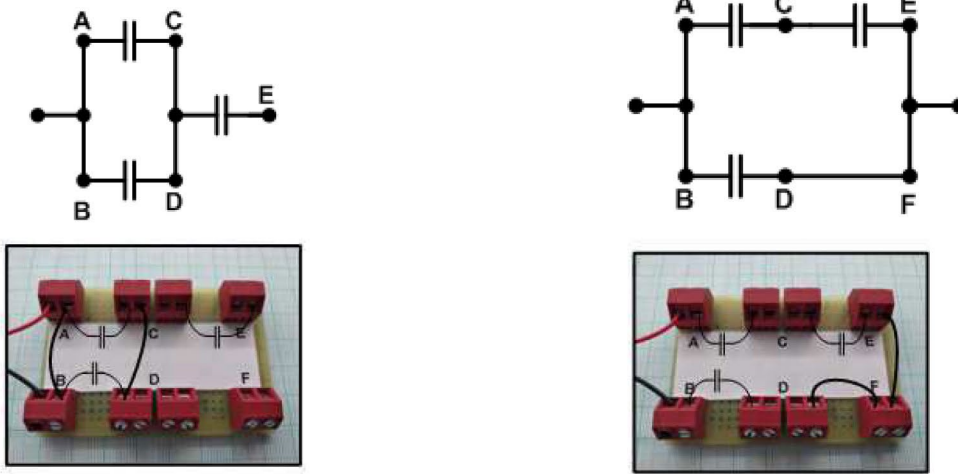
Laboratuvar alıştırımları için çalışma kitabı

5. Her üç durumda elde edilen sonuçları analiz edin. Ölçülen ve hesaplanan değerleri karşılaştırın. Görüşlerinizi yorumlayın.

III. Kondansatörlerin kombine bağlantıda bağlanması ve eşdeğer kapasitenin ölçülmesi

1. C_1 , C_2 ve C_3 kondansatörlerini şema 1'e göre kombine olarak bağlayın. Eşdeğer kapasiteyi hesaplayın, Ölçülen değeri aşağıdaki tabloda yazın.

C_1 , C_2 ve C_3 kondansatörlerini şema 2'ye göre kombine olarak bağlayın. Eşdeğer kapasiteyi hesaplayın ve ölçülen değeri aşağıdaki tabloda yazın.



a) Şema 1

b) Şema 2

Şekil 2.4

2. Aşağıdaki tabloda C_1 , C_2 ve C_3 kondansatörlerin şema 1 ve şema 2'ye göre kombine bağlantıları için hesaplamayla elde edilen eşdeğer kapasitelerin teorik değerlerini yazın.

Şema 1		Şema 2	
Ölçülen değer	Teorik değer	Ölçülen değer	Teorik değer

3. Elde edilen sonuçları analiz edin. Ölçülen ve hesaplanan değerleri karşılaştırın. Görüşlerinizi yorumlayın.

Alıştırma 3
REZİSTÖRLERİN VERİLEN ELEKTRİK ŞEMAYA GÖRE BAĞLANMASI
EŞDEĞER DİRENCİN ÖLÇÜLMESİ

Alıştırmanın amacı teorik öğretim için öngörülen derslerin öğrenilen içeriklerin pratik uygulamasıdır: direncin ölçülmesi, rezistörlerin verilen elektrik şemaya göre bağlanması, rezistörlerin paralel ve seri bağlantıda eşdeğer dirençle ilgili ilişkilerin deneysel kontrolü.

Gerekli ön bilgiler. Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi **hatırlayın**: rezistörler, direnç, rezistör türleri, direnç için temel ölçü birimi, temel birimden daha küçük ve daha büyük birimler, rezistörlerin seri ve paralel bağlantısı.

Alıştırmanın açıklaması: Alıştırma dört bölümden oluşuyor:

- I. Rezistörlerin direncinin ölçülmesi
- II. İki rezistörün bağlanması ve eşdeğer kapasitenin ölçülmesi.
 - a. **Farklı** dirençli iki rezistörün seri ve paralel bağlantısı.
 - b. **Aynı** dirençli iki rezistörün seri ve paralel bağlantısı.
- III. Üç rezistörün seri ve paralel bağlantısı
- IV. Üç rezistörün kombine bağlantısı

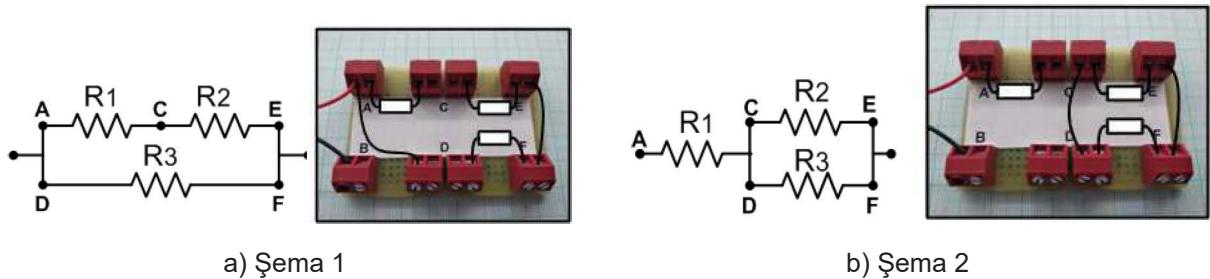
Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için gerekli malzemeler ve ekipman:

1. Dört rezistör
2. Multimetre
3. Genel deney kartı ve bağlama kabloları

Tüm hesaplamaların **ev ödevi** olarak uygulamalı alıştırma için öngörülen dersten önce yapılması tavsiye edilir

Ödev: Aşağıdakilerin eşdeğer dirençlerini hesaplayın:

1. $R_1 = \text{_____} \Omega$; $R_2 = \text{_____} \Omega$ dirence sahip iki rezistör, eğer onlar: A) seri bağlıysa; B) paralel bağlıysa
2. $R_3 = \text{_____} \Omega$ ve $R_4 = \text{_____} \Omega$ aynı dirence sahip iki rezistör, eğer onlar: A) seri bağlıysa; B) paralel bağlıysa
3. $R_1 = \text{_____} \Omega$; $R_2 = \text{_____} \Omega$, $R_3 = \text{_____} \Omega$ dirence sahip üç rezistör, eğer onlar: A) seri bağlıysa; B) paralel bağlıysa
4. a) Şema 1; b) Şema 2'ye göre kombine bağlantıda bağlı olan $R_1 = \text{_____} \Omega$; $R_2 = \text{_____} \Omega$, $R_3 = \text{_____} \Omega$ dirençli üç rezistör,



Şekil 3.1

Laboratuvar alıştırmaları için çalışma kitabı

Alıştırma 3 REZİSTÖRLERİN VERİLEN ELEKTRİK ŞEMAYA GÖRE BAĞLANMASI EŞDEĞER DİRENCİN ÖLÇÜLMESİ		
Modüler birim: Sabit akımlar	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş

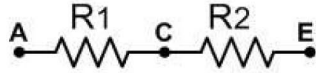
I.

1. Verilen rezistörlerin dirençlerini ölçün (Ek 3'te verilen açıklamaya bakın). Ölçülen değerleri aşağıdaki tabloda yazın. Ölçmeyi hangi ölçüm aralığında yaptığınızı belirtin.

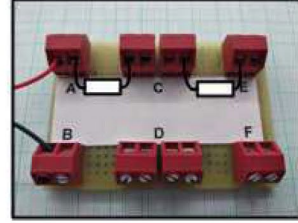
Rezistör	R_1	R_2	R_3	R_4
Ölçülen direnç				
Ölçüm aralığı				

II:

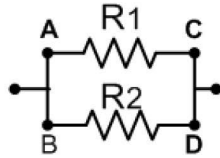
1. R_1 ve R_2 rezistörlerini seri olarak bağlayın (Şekil 3.2). Eşdeğer direnci ölçün ve ölçülen değeri tabloda not edin.



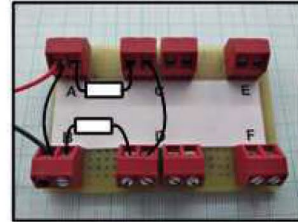
Şekil 3.2



2. R_1 ve R_2 rezistörlerini paralel olarak bağlayın (Şekil 3.3). Eşdeğer direnci ölçün. Ölçülen değeri tabloda not edin.



Şekil 3.3



R_1 ve R_2 'nin seri bağlantısı		R_1 ve R_2 'nin paralel bağlantısı	
Ölçülen değer	Hesaplanan değer	Ölçülen değer	Hesaplanan değer

3. Elde edilen sonuçları analiz edin. Ölçülen ve teorik (hesaplanan) değerleri karşılaştırın. Görüşlerinizi yorumlayın.

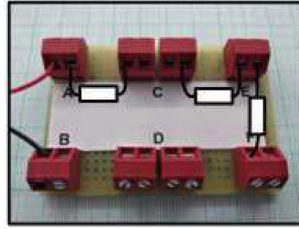
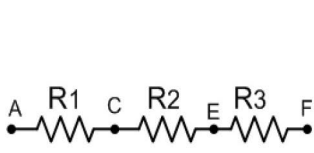
Laboratuvar alıştırılmaları için çalışma kitabı

4. Aynı süreci R_3 ve R_4 rezistörleri için tekrarlayın. Onları paralel bağlayın ve paralel bağlantının eşdeğer direncini hesaplayın. Ondan sonra onları seri bağlayın ve seri bağlantının eşdeğer direncini hesaplayın

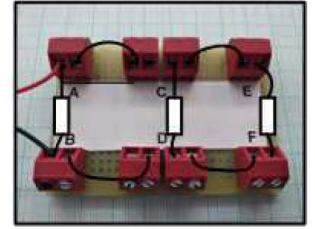
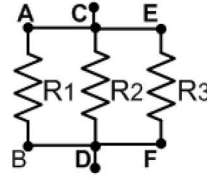
R_3 ve R_4 'ün seri bağlantısı		R_3 ve R_4 'ün paralel bağlantısı	
Ölçülen değer	Hesaplanan değer	Ölçülen değer	Hesaplanan değer

5. Elde edilen sonuçları analiz edin. Ölçülen ve teorik (hesaplanan) değerleri karşılaştırın. Görüşlerinizi yorumlayın.

III
1. R_1 , R_2 ve R_3 rezistörlerini seri olarak bağlayın (Şekil 3.4.a) ve eşdeğer direnci ölçün. Ardından R_1 , R_2 ve R_3 rezistörlerini paralel olarak bağlayın (Şekil 3.4.b) ve eşdeğer direnci ölçün.



Şekil 3.4.a



Şekil 3.4.b

R_1 , R_2 ve R_3 'ün seri bağlantısı		R_1 , R_2 ve R_3 'ün paralel bağlantısı	
Ölçülen değer	Hesaplanan değer	Ölçülen değer	Hesaplanan değer

2. Elde edilen sonuçları analiz edin. Ölçülen ve teorik (hesaplanan) değerleri karşılaştırın. Görüşlerinizi yorumlayın.

IV
1. R_1 , R_2 ve R_3 rezistörlerini kombine olarak bağlayın (Şekil 1a)). Eşdeğer direnci ölçün. Ondan sonra şekil 1b)'de olduğu gibi kombine bağlayın ve eşdeğer direnci ölçün

Şema 1		Şema 2	
Ölçülen değer	Hesaplanan değer	Ölçülen değer	Hesaplanan değer

2. Elde edilen sonuçları analiz edin. Ölçülen ve teorik (hesaplanan) değerleri karşılaştırın. Görüşlerinizi yorumlayın.

Alıştırma 4

**BASİT ELEKTRİK DEVREDE OHM YASASI
ELEKTRİK GERİLİMİN VE ELEKTRİK AKIM GÜCÜNÜN ÖLÇÜLMESİ**

Alıştırmanın amacı teorik öğretim için öngörülen derslerin öğrenilen içeriklerin pratik uygulamasıdır:

1. Ohm yasasının basit elektrik devresi için geçerliliğinin pratik olarak kontrol edilmesi
2. Doğru elektrik gerilimin ve elektrik akım gücünün ölçülmesi

Gerekli ön bilgiler. Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi **hatırlayın**: temel elektrik büyüklükler ve onların ölçüm birimleri: elektrik akım gücü; elektrik gerilim; elektrik direnç; bu büyüklükler arasında basit elektrik devrede bağımlılık (**Ohm yasası**).

Uygulamalı alıştırma şunları kapsamaktadır:

1. Verilen elektrik şemaya göre akım devresinin gerçekleştirilmesi;
2. Elektrik akım gücünün ve elektrik gerilimin ölçülmesi;
3. Sonuçları analiz etmek (ölçülen ve hesaplanan değerlerin karşılaştırılması) ve sonuç çıkarmak;
4. Çalışma raporun doldurulması;
5. Akım gerilim özelliğinin çizilmesi.

Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için gerekli malzemeler ve ekipman:

1. Rezistör $R = \underline{\hspace{2cm}}$ (rezistör direncinin değerini, öğretmen alıştırmanın gerçekleştirilmesinden önce söyleyecek. Ev ödevi için hesaplamalar verilen değerlerle yapılacak);
2. Ayarlamalı doğru gerilim kaynağı;
3. İki multimetre (alıştırma bir multimetre kullanarak da gerçekleştirilebilir, ancak her ölçmeden önce ölçüm bölgenin değişmesi gerekecek);
4. Genel deney kartı.

Tüm hesaplamaların **ev ödevi** olarak uygulamalı alıştırma için öngörülen dersten önce yapılması tavsiye edilir.

Ödev: Basit akım devresi için Ohm yasasını uygulayarak, verilen değerler için elektrik akımın gücünü hesaplayın: $U = 2V$; $U = 4V$; $U = 6V$; $U = 8V$; $U = 10V$; $R = \underline{\hspace{2cm}}$

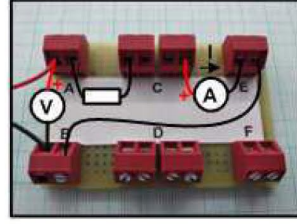
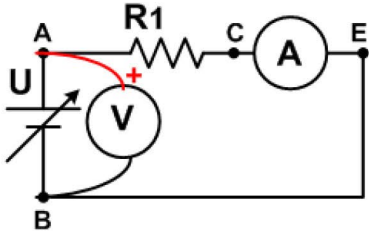
U[V]	2V	4V	6V	8V	10 V
I [mA]					

Laboratuvar alıştırmaları için çalışma kitabı

Alıştırma 4 BASİT ELEKTRİK DEVREDE OHM YASASI ELEKTRİK GERİLİMİN VE ELEKTRİK AKIM GÜCÜNÜN ÖLÇÜLMESİ		
Modüler birim: Sabit akımlar	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş

Alıştırmanın akışı

1. Elektrik direncin ölçülmesi için uygun ölçüm bölgesine ayarlanmış multimetre yardımıyla, verilen rezistörü ölçün, $R = \underline{\hspace{2cm}}$
2. Şekil 2'de gösterilmiş devreyi, modelde veya deney kartında gerçekleştirin



Şekil 4.1

3. Voltmetreyi gerilim kaynağına paralel bağlayın. Multimetrenin gösterdiğini izleyerek, gerilimi artırın ve tabloda verilen değerleri ayarlayın. Her ayarlama için, tabloda aletin geçiş anahtarının hangi ölçüm aralığına ayarlanmış olduğunu yazın.
4. Ampermetrenin gösterdiğini okuyun. Okunan değeri tablonun uygun yerinde yazın. Ölçümün gerçekleştirildiği ölçüm aralığını da yazın.

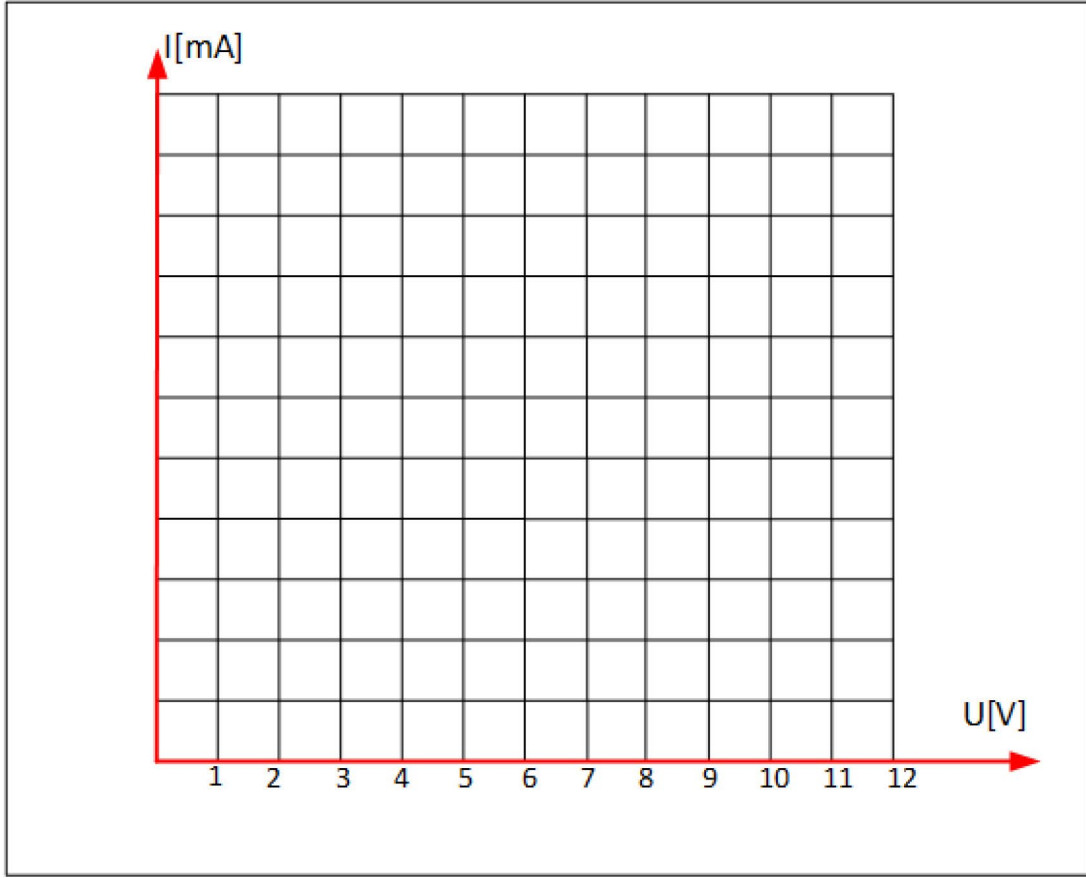
U[V]	2V	4V	6V	8V	10 V
Ölçüm aralığı					
I [mA]					
Ölçüm aralığı					

5. Ölçülen elektrik akım gücün değerlerini, ev ödevinde hesaplanan teorik değerlerle karşılaştırın.

U[V]	2V	4V	6V	8V	10 V
I [mA] Hesaplanan değer					
I [mA] Ölçülen değer					

6. Hesaplanan değerler, ölçülen değerlerden farklı mıdır? Neden?

7. Tablodaki değlerlerden, elektrik akım gücünün elektrik gerilimden grafiksel bağımlılığını çizin



8. Elektrik akım gücü elektrik gerilimine nasıl bağılıdır? Gerilimim artmasıyla, akımın gücü artıyor mu azalıyor mu?

Alıştırma 5

JOULE YASASININ DENEYSSEL DENETİMİ

Alıştırmanın amacı Joule yasasının geçerliliğinin pratik olarak kontrol edilmesidir.

Gerekli n bilgiler. Bu alıştırmanın geerleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi **hatırlayın**: Joule yasası, elektrik enerjisi, iş ve g, enerji, iş ve g için ölçü birimleri.

Uygulamalı alıştırma şunları kapsamaktadır:

- I. Verilen elektrik şemasına göre akım devresinin geerleştirilmesi
- II. Elektrik akım gücünün ve elektrik gerilimin llmesi
- III. Sonuçların analiz edilmesi ve sonuç çıkarmak
- IV. Çalışma raporu doldurmak

Alıştırmanın geerleştirilmesi için gerekli malzemeler ve ekipman:

1. Ayarlamalı doğru gerilim kaynağı (0÷30)V
2. R_1 , R_2 ve R_3 dirençlere sahip üç rezistör
3. Model veya genel deney kartı
4. Multimetre

Tüm hesaplamaların **ev devi** olarak uygulamalı alıştırma için öngörülen dersten önce yapılımları tavsiye edilir.

dev: Doğru gerilim kaynağına bağlı üç rezistörün seri bağlantısını tanımlayan, şekil 5.1'de gösterilmiş olan elektrik devresi için şunlar hesaplınsın:

- Elektrik akım gücü I
- Rezistörlerin uclarındaki U_1 , U_2 , U_3 gerilimleri
- Rezistörlerin herbirine dağılan elektrik gücü (P_1 , P_2 , P_3) ile devrenin toplam gücü P

$$(R_1 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega; R_2 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega; R_3 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega; U = \underline{\hspace{2cm}} [] =$$

Laboratuvar alıştırmaları için çalışma kitabı

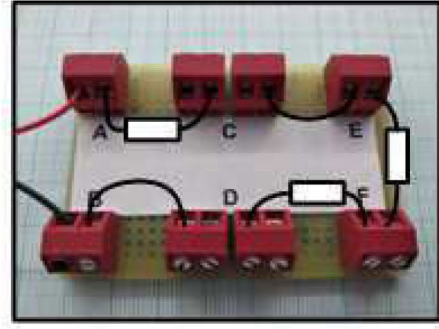
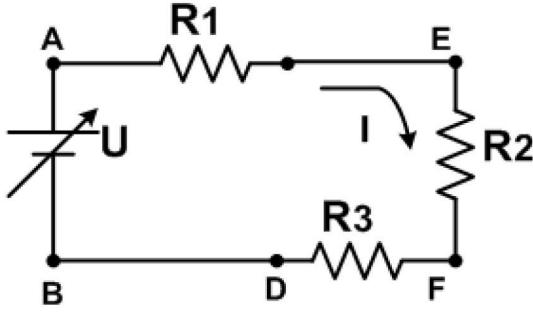
Alıştırma 5 JOULE YASASININ DENEYSEL DEVETİMİ		
Modüler birim: Sabit akımlar	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş

Alıştırmanın akışı

1. Verilen rezistörlerin dirençlerini ölçün. Ölçülen değerleri ve ölçmenin gerçekleştirildiği ölçüm aralığını yazın.

	R_1	R_2	R_3
Ölçülen değer [K Ω]			
Ölçüm aralığı			

2. Verilen elektrik şemaya göre, elektrik akım devresi oluşturun (Şekil 5.1)



Şekil 5.1

3. Voltmetreyi gerilim kaynağının uçlarına bağlayın ve $U = 10V$ 'a ayarlayın.
4. Rezistörlerin her birinin uçlarındaki gerilimleri ölçün. Ölçülen değerleri ve her ölçümün gerçekleştirildiği ölçüm aralıklarını tablonun uygun yerinde yazınız.
5. Devrede akan elektrik akımının gücünü ölçün. Ölçülen değeri tablonun uygun yerinde yazınız.

$U = 10V; I = \underline{\hspace{2cm}} [mA]$			
	U_1	U_2	U_3
Ölçülen değer [V]			
Ölçüm aralığı			

Laboratuvar alıştırılmaları için çalışma kitabı

6. Rezistörlerin her birine dağılan elektrik gücü ve devrede toplam gücü belirleyin. Verilen formüllerin her biri ile hesaplamayı tekrarlayın

	P_1	P_2	P_3	P
$U = \underline{\hspace{2cm}} []$ $I = \underline{\hspace{2cm}} []$	$P_1 = U_1 \cdot I$	$P_2 = U_2 \cdot I$	$P_3 = U_3 \cdot I$	$P = U \cdot I$
$R_1 = \underline{\hspace{2cm}} []$ $R_2 = \underline{\hspace{2cm}} []$ $R_3 = \underline{\hspace{2cm}} []$	$P_1 = R_1 \cdot I^2$	$P_2 = R_2 \cdot I^2$	$P_3 = R_3 \cdot I^2$	$P = R \cdot I^2$
$U_1 = \underline{\hspace{2cm}} []$ $U_2 = \underline{\hspace{2cm}} []$ $U_3 = \underline{\hspace{2cm}} []$	$P_1 = U_1^2 / R_1$	$P_2 = U_2^2 / R_2$	$P_3 = U_3^2 / R_3$	$P = U^2 / R$
<p>7. Hesaplama yoluyla elde ettiğiniz değerleri analiz edin. Görüşlerinizi ve sonuçları yorumların.</p> <p>_____</p> <p>_____</p>				$P = P_1 + P_2 + P_3$

8. Bu devre 12 V gerilime bağlıysa, aşağıdaki süre içinde ne kadar elektrik enerji harcadığını hesaplayın:
- 30 saniye süre içinde
 - 10 dakika içinde
 - 2 saat içinde

$t = 30 \text{ s}$	$t = 10 \text{ dak}$	$t = 2 \text{ h}$

Alıştırma 6

KİRCHHOFF YASALARININ DENETİMİ

Alıştırmanın amacı birinci ve ikinci Kirchhoff yasalarının geçerliliğinin pratik olarak kontrol edilmesidir.

Gerekli ön bilgiler. Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi **hatırlayın**: Joule yasası, elektrik enerjisi, elektrik iş, enerji ve iş için ölçü birimleri.

Uygulamalı alıştırma şunları kapsamaktadır:

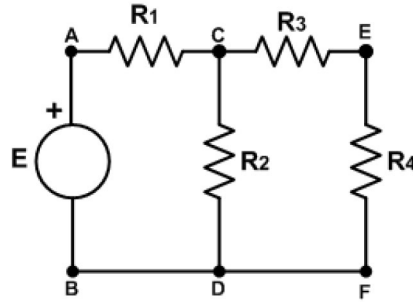
- I. Rezistörlerin dirençlerinin ölçülmesi ve verilen elektrik şemasına göre akım devrenin oluşturulması
- II. Birinci Kirchhoff yasasının deneysel denetimi
- III. İkinci Kirchhoff yasasının deneysel denetimi
- IV. Çalışma raporun doldurulması
- V. Sonuçların analiz edilmesi ve sonuç çıkarmak

Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için gerekli malzemeler ve ekipman:

1. Ayarlamalı doğru gerilim kaynağı (0-30)[V]
2. R_1 , R_2 , R_3 ve R_4 dirençlere sahip dört rezistör
3. Genel deney kartı
4. Multimetre

Tüm hesaplamaların **ev ödevi** olarak uygulamalı alıştırma için öngörülen dersten önce yapılması tavsiye edilir.

Ödev: Ohm yasasını, birinci ve ikinci Kirchhoff yasasını uygulayarak, şekil 6.1'de gösterilmiş devrede tüm akımları ve gerilimleri hesaplayın.



Şekil 6.1

$R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$; $R_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ ve $R_4 = \underline{\hspace{2cm}}$; $E = \underline{\hspace{2cm}}$ [V]

Alıştırma 6 KIRCHHOFF YASALARININ DENEYSEL DENETİMİ		
Modüler birim: Sabit akımlar	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş

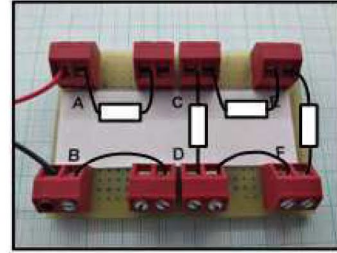
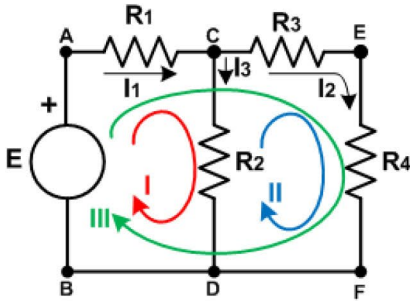
Alıştırmanın akışı

I. Rezistörlerin direncini ölçmek ve verilen elektrik şemasına göre akım devresi oluşturmak

1. Verilen rezistörlerin dirençlerini ölçün:

	R_1	R_2	R_3	R_4
Ölçülen değer				
Ölçüm aralığı				

2. Şekil 6'de gösterilen elektrik şemasına göre akım devresi oluşturun
3. Gerilim kaynağını $E = \underline{\hspace{2cm}}$ [V] değerine ayarlayın.



Şekil 6.2

II. Birinci Kirchhoff yasasının deneysel denetimi

1. Multimetreyi ampermetre olarak çalışmasını ayarlayın (Ek 4'te açıklamaya bakın) ve elektrik devrenin tüm dallarında akımı ölçün.

	i_1	i_2	i_3
Ölçülen değer			
Ölçüm bölgesi			

2. Formülde akımlar için ölçülen değerleri değiştirerek, C düğümünde birinci Kirchhoff yasasının yerine getirilip getirilmediğini kontrol edin.

3. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar teorik hesaplamalarla uyumlu mudur? Farkları nasıl açıklıyorsunuz?

III. İkinci Kirchhoff yasasının deneysel denetimi

1. Multimetreyi voltmetre olarak çalışmasını ayarlayın (Ek 4'te açıklamaya bakın). Tüm gerilimleri ölçün.

	U_b	U_1	U_2	U_3	U_4
Ölçülen değer					
Ölçüm bölgesi					

2. Elektrik şemada işaretlenmiş olan üç kontürün her biri için İkinci Kirchhoff yasasına göre denklemler oluşturun. Gerilimler için ölçülen değerleri kullanarak, deneysel olarak İkinci Kirchhoff yasasının yerine getirilip getirilmediğini kontrol edin

Kontür I	Kontür II	Kontür III

3. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar teorik hesaplamalarla uyumlu mudur? Farkları nasıl açıklıyorsunuz?

Alıştırma 7

THEVENİN TEOREMİNİN DENEYSEL DENETİMİ
SÜPERPOZİSYON YÖNTEMİNİN DENEYSEL DENETİMİ

Bu alıştırmanın amacı, Thevenin teoreminin ve süperpozisyon yönteminin deneysel olarak denetlemek ve doğrulamaktır.

Gerekli ön bilgiler. Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi **hatırlayın**: rezistörlerin seri, paralel ve kombine bağlantısı, gerilim jeneratörlerinin seri ve paralel bağlantısı, iki nokta arasındaki gerilim, Thevenin teoremi ve süperpozisyon yöntemi

Alıştırmanın açıklaması: Alıştırma iki bölümden oluşuyor:

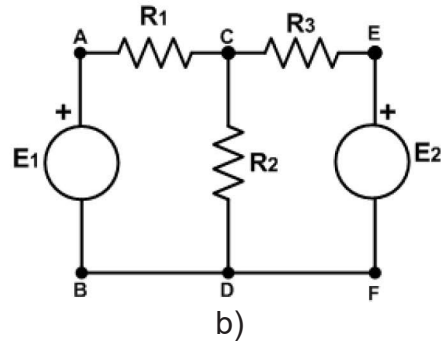
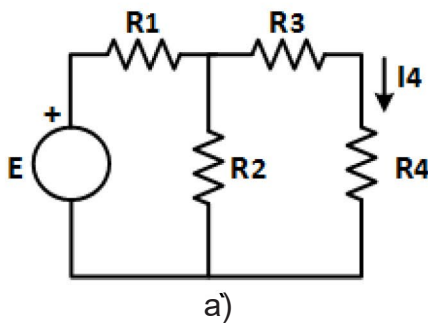
- I. Rezistörlerin direncinin ölçülmesi ve verilen elektrik şemalara göre akım devreleri oluşturmak
- II. Thevenin teoreminin deneysel denetimi
- III. Süperpozisyon yönteminin deneysel denetimi
- IV. Teknik belgelerinin (alıştırma çalışma raporu) doldurulması
- V. Sonuçların analizi ve sonuçlar çıkarmak

Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için gerekli malzemeler ve ekipman:

1. Genel kart ve bağlama kabloları
2. $R_1 = 1\text{ K}\Omega$; $R_2 = 3,9\text{ K}\Omega$; $R_3 = 2,4\text{ K}\Omega$; $R_4 = 3,3\text{ K}\Omega$ dirençlere sahip dört rezistör (alıştırmanın birinci bölümü için – Thevenin teoreminin denetimi)
3. $R_1 = 1\text{ K}\Omega$; $R_2 = 4,7\text{ K}\Omega$; $R_3 = 470\ \Omega$ dirençlere sahip üç rezistör (ikinci bölüm için – süperpozisyon yönteminin denetimi)
4. Ayarlanabilir iki doğru gerilim kaynağı (0-30)V
5. Multimetre

Ev ödevi (ev ödevinin, uygulamalı alıştırılmalar için öngörülen dersten önce verilmesi ve çözülmesi tavsiye edilir).

I ödev: Şekil 7.1 a)'da gösterilen akım devresi için, Thevenin teoremini uygulayarak R_4 rezistöründen akan akım I_4 belirlensin. $R_1 = 1\text{ K}\Omega$; $R_2 = 3,9\text{ K}\Omega$; $R_3 = 2,4\text{ K}\Omega$; $E = 20\text{ V}$.



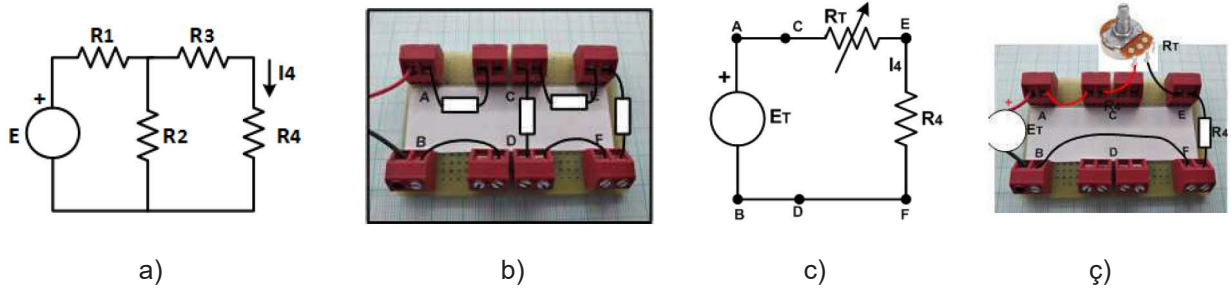
Şekil 7.1

II ödev: Şekil 7.1 b)'de gösterilen akım devresi için, süperpozisyon yöntemini uygulayarak R_2 rezistöründen akan akım I_2 belirlensin.

$R_1 = 1\text{ K}\Omega$; $R_2 = 4,7\text{ K}\Omega$; $R_3 = 470\ \Omega$; $E_2 = 7\text{ V}$

Alıştırma 6 THEVENİN TEOREMİ VE SÜPERPOZİSYON YÖNTEMİ		
Modüler birim: Sabit akımlar	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş

THEVENİN TEOREMİNİN DENEYSEL DENETİMİ



Şekil 7.2

1. Verilen elektrik şemaya (Şekil 7.2 a)) göre elektrik akım devresi oluşturun (Şekil 7.2.b)).

Kaynağın gerilimini $U = 20V$ değerine ayarlayın.

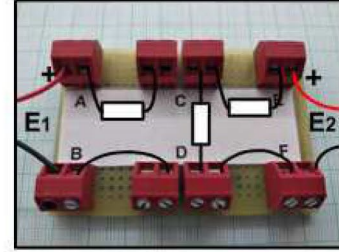
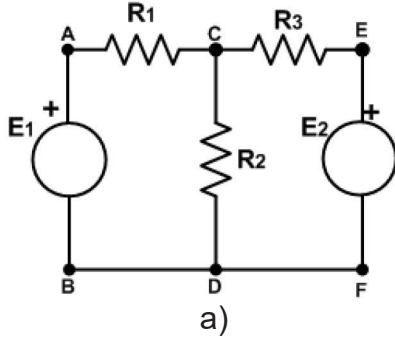
2. R_4 rezistörünü akım devresinden ayırın. **Dikkat edin!!!** Rezistörün ayırmasını devregerilim altında iken yapmamalısınız. (Şimdi, E ve F noktaları arasındaki devrenin kalan kısmı eşdeğerli Thevenin jeneratörü – elektromotor kuvveti E_T ve iç direnci R_T olan gerilim jeneratörü gibi davranır).
3. Eşdeğerli Thevenin jeneratörünün gerilimini ölçün, $E_T = U_{EF} = \underline{\hspace{2cm}}$
4. Gerilim kaynağını devreden ayırın ve A ve B noktalarını kısa bağlantıda bağlayın.
5. E ve F noktaları arasındaki Thevenin direncini ölçün.

$R_T = \underline{\hspace{2cm}}$

6. 7.2 c) şekline göre yeni akım devresi oluşturun. R_4 rezistörünün kendi yerine, E ve F noktaları arasında geri çevirin, akım devresinin diğer kısmını ise R_T direncine ayarlanmış potansiyometre ve E_T değerinde ayarlanmış doğru gerilim kaynağı ile değiştirin (Şekil 7.2 ç)).
7. I_4 akımını ampermetre ile ölçün.
 $I_4 = \underline{\hspace{2cm}}$
8. I_4 akımının gücü için analitik hesaplamayla (ev ödevi) elde edilen değeri ve ölçme ile elde edilen değeri karşılaştırın. Bu iki değer birbirinden farklı mıdır? Elde edilen sonuçları yorumlayın.

SÜPERPOZİSYON YÖNTEMİNİN DENEYSEL DENETİMİ

Elektrik şemasına (Şekil 7.3 a)) göre elektrik akım devresi oluşturun (Şekil 7.3 b)).



Şekil 7.3

1. İki kaynağın gerilimlerini $E_1 = 7V$ ve $E_2 = 0V$ 'a ayarlayın
2. R_2 rezistörün uçlarındaki U_2' gerilimini ölçün
3. I_2' akımını ölçün
4. Şimdi $E_1 = 0V$ ve $E_2 = 10V$ ayarlayın
5. U_2'' gerilimini ölçün
6. I_2'' akımını ölçün

U_2' $E_1 = 7V$ $E_2 = 0V$	U_2'' $E_1 = 0V$ $E_2 = 10V$	$U = U_2' + U_2''$	I_2' $E_1 = 7V$ $E_2 = 0V$	I_2'' $E_1 = 0V$ $E_2 = 10V$	$I = I_2' + I_2''$

7. Ödev 2'nin ev ödevinde hesaplamayla elde edilen teorik değerleri, pratiksel olarak ölçülen değerlerle karşılaştırın.

	U_2' $E_1 = 7V$ $E_2 = 0V$	U_2'' $E_1 = 0V$ $E_2 = 10V$	$U = U_2' + U_2''$	I_2' $E_1 = 7V$ $E_2 = 0V$	I_2'' $E_1 = 0V$ $E_2 = 10V$	$I = I_2' + I_2''$
Ölçülen değerler						
Teorik değerler						

8. Analiz ve görüş yapın. Ölçülen ve teorik değerler arasında fark var mıdır? Süperpozisyon yöntemini deneysel olarak doğruladınız mı? Analizinizi yorumlayın.

Alıştırma 8

**ENDÜKTANSI ÖLÇMEK
ELEKTRO MIKNATISIN YAPIMI**

Bu alıştırmanın amacı, bobin yaparak ve endüktansını ölçerek, öğrencilerin bobini bir eleman olarak tanıması ve bobinin endüktansının neye bağlı olduğunu görmektir. Alıştırmanın ikinci bölümünde öğrencilerin elektromıknatis yapmaları gerekiyor ve bu elemanın elektromanyetik özelliklerini görmelidir.

Gerekli ön bilgiler. Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendikleriniz kavramları **hatırlayın**: (alıştırmanın birinci bölümünde rastlanan) bobin (sargı, solenoid), sargı sayısı, endüktans, endüktansın ölçü birimi ve (alıştırmanın ikinci bölümü için) elektromanyetik endüksiyonu, endüklenen elektromotor kuvveti kavramları.

Alıştırmanın açıklaması: Alıştırma birkaç bölümden oluşuyor:

- I. Bobinlerin endüktansının ölçülmesi
- II. Elektro mıknatisin yapımı
- III. Elektro mıknatisla deneyler yapmak
- IV. Teknik belgelerin (alışma raporu) hazırlanması

Gerekli malzemler, aletler ve araçlar:

Alıştırmanın birinci bölümü için (bobinin endüktansının ölçülmesi)

1. Farklı endüktansa sahip beş bobin
2. Endüktansı ölçmek için ölçüm bölgesi olan multimetre veya endüktansın ölçülmesi için amaçlı başka bir alet (L-metre)

Alıştırmanın ikinci bölümü için (elektro mıknatisin yapımı ve deneyler yapma)

1. Yalıtılmış bakır tel parçası (60 cm)
2. 6-8 cm uzunluğunda vida
3. 2 pil 4,5 V; 9V
4. Bir kaç ataş veya başka küçük demir nesnelere

Ev ödevi (uygulamalı alıştırma için öngörülen dersten önce yapılması gerekiyor)

1. İnternet'te elektro mıknatisin yapımı konusunda araştırma yapın.

Alıştırma 8 ENDÜKTANSI ÖLÇMEK ELEKTRO MIKNATISIN YAPIMI		
Modüler birim: Manyetik etkiler	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş

I. Endüktansı ölçmek

1. Verilen bobinlerden her birinin ayrıdan endüktansını ölçün. Ölçülen değerleri tabloda yazın (endüktansı ölçme yoluyla ilgili açıklamayı ek 5'te bulabilirsiniz)

Bobin	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
Ölçülen endüktans					
Ölçüm aralığı					

II. Basit elektro mıknatısın yapımı

1. Demir vida etrafında, yan yana vernik ile yalıtılmış bakır telden 20 sargı sıkıca sarın.
2. Telin uçlarında 1 santimetre uzunluğunda verniği çıkartın.
3. Telin uçlarını pilin iki kutbuyla bağlayın. Böylece basit bir elektro mıknatıs yapmış oldunuz.

II. Yapılan elektro mıknatıslarla deneyler yapın.

1. Vidanın ucunu küçük demir nesnelere yaklaştırın. Ne oluyor? Yapılan elektro mıknatıs manyetik özellikler gösteriyor mu?

2. Pili kapatın. Ne oluyor? Gerilim kaynağını kapattıktan sonra elektro mıknatıs manyetik özelliklerini koruyor mu?
3. Şimdi bobini yine pile bağlayın. Elektro mıknatıs demir nesnelere başlangıçta çektiği gibi yine çekiyor mu? Olaylara sizin yorumunu verin. Sizin vardığınız sonuçlar nedir?

Alıştırma 9

OHMİK REZİSTÖRLÜ DEVREDE ALTERNATİF AKIMLARIN VE GERİLİMLERİN ÖLÇÜLMESİ

Alıştırmanın amacı, alternatif gerilimli ve alternatif akımlı devrelerde ölçmeler yaparak doğru elektrik devreler ve alternatif elektrik devreler arasındaki farkları görmektir (ölçmeler ve ölçme sonuçlarının analizi esnasında gerilim kaynağında, multimetrenin ayarlanmasında ve görünecek diğer farklar).

Gerekli ön bilgiler. Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi **hatırlayın:** alternatif büyüklüklerin özellikleri, alternatif akımlı devrede ohmik rezistörü.

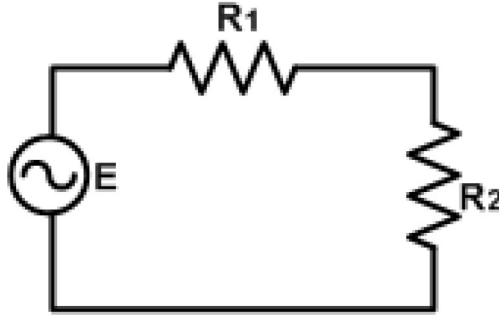
Alıştırmanın açıklaması: Alıştırma dört bölümden oluşuyor:

- I. Rezistörlerin direncini ölçmek ve elektrik devreyi verilen elektrik şemaya göre bağlamak
- II. Devrede gerilimlerin ve akımların ölçülmesi ve çalışma raporun doldurulması
- III. Sonuçların analizi, sonuçlar çıkarma

Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için gerekli ekipman:

1. $R_1 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ ve $R_2 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ dirençlere sahip iki rezistör
2. 50 Hz frekanslı basit periyodlu gerilim kaynağı olarak kullanılan ayarlayıcı ağ transformatörü
3. Genel deney kartı
4. Multimetre

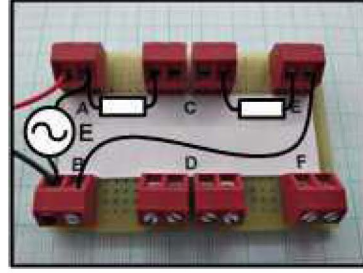
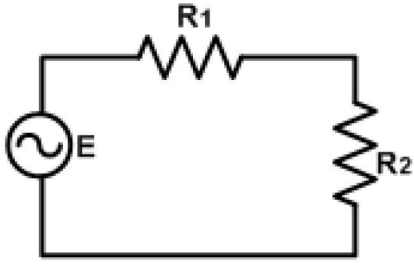
Ödev: Şekil 9.1'de verile elektrik devrenin tüm elemanların gerilimleri ve akımları ile güçleri hesaplınsın.



Şekil 9.1

Alıştırma 9 OHMİK REZİSTÖRLÜ DEVREDE ALTERNATİF AKIMLARIN VE GERİLİMLERİN ÖLÇÜLMESİ		
Modüler birim: Alternatif akımlar	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş

Multimetreyi ayarlarken **dikkat edin**. Bu alıştırma, multimeter ile **alternatif gerilimleri ve devrede alternatif akımın etkin değerini** ölçeceksiniz.



Şekil 9.2

1. R_1 ve R_2 rezistörlerin ayrıdan dirençlerini ölçün, ardından onları seri bağlayın ve seri bağlantının eşdeğer direncini ölçün.

Rezistörler	R_1	R_2	R
Ölçülen değer			
Ölçüm aralığı			

1. Voltmetreyi transformatör çıkışına bağlayın ve gerilimi $E = 2V$ değerine ayarlayın.
2. Şekil 9.2'de gösterilen elektrik şemaya göre akım devresi gerçekleştirin
3. U_1 ve U_2 gerilimleri ölçün;
4. I akım gücünü ölçün

	E	U_1	U_2	I
Ölçülen değer				
Ölçüm aralığı				

5. Ölçülen ve teorik değerleri karşılaştırın

	E	U_1	U_2	I
Ölçülen değer				
Teorik değer				

6. Verilen devre için Ohm yasasının ve İkinci Kirchhoff yasasının geçerliliğini kontrol edin. Hesaplamaları akımlar ve gerilimler için ölçülen değerlerle gerçekleştirmeniz gerekiyor.

Ohm yasası

İkinci Kirchhoff yasası

7. Rezistörlerin her birine ayrıdan dağılan gücün ne kadar olduğunu hesapayın.

8. Devrenin basit periyodik alternatif gerilim ile beslenen devre ile sabit doğru gerilim ile beslenen devreye göre belirli farklılıklar var mı? Sizin görüşlerinizi belirtin.

Alıştırma 10

REZİSTÖR VE BOBİNİN SERİ BAĞLANTISININ VE REZİSTÖR VE KONDANSATÖRÜN SERİ BAĞLANTISININ ANALİZİ

Alıştırmanın amacı, NI Multisim programında bilgisayar simülasyonu aracılığıyla, seri RL ve seri RC devrenin analizini yapmak, bobin endüktansının seri RL devresinde ile kondansatör kapasitesinin seri RC devresinde değişmesinin diğer büyüklüklere: reaktif dirençler, gerilimler ve akımlara nasıl etkilediğini göstermektir.

Gerekli ön bilgiler. Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi **hatırlayın:** aktif direnç, reaktif endüktif direnç, reaktif kapasitif direnç, empedans, rezistör ve bobinin seri bağlantısı, rezistör ve kondansatörün seri bağlantısı.

Alıştırmanın açıklaması: Alıştırma iki bölümden oluşuyor.

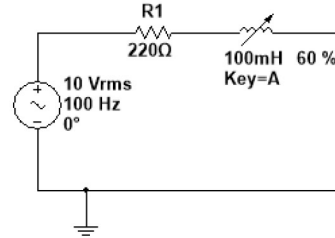
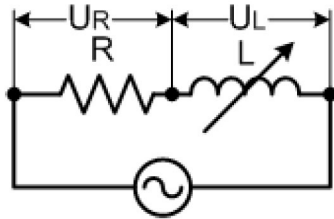
- I. Alternatif gerilim kaynağına bağlı, rezistör ve bobin arasında seri bağlantıdan oluşan devrenin bilgisayar simülasyonu.
- II. Alternatif gerilim kaynağına bağlı, rezistör ve kondansatör arasında seri bağlantıdan oluşan devrenin bilgisayar simülasyonu

Alıştırma, önceden NI Multisim programının yüklü olduğu bilgisayarlı sınıfta gerçekleştirilmesi gerekiyor.

Ev ödevi (ödevlerin uygulamalı alıştırmalar için öngörülen derslerden önce özölmeleri gerekiyor):

1. Seri RL devresi, etkin değeri $U = 10$ V ve frekansı $f = 100$ Hz olan alternatif gerilim kaynağına bağlıdır. Rezistörün direnci $R = 220$ Ω 'dur, bobin ise $L = 100$ mH endüktansa sahiptir. Devredeki I akımını ve U_R ve U_L gerilimlerini hesaplayın.
2. Seri RC devresi, etkin değeri $U = 10$ V ve frekansı $f = 100$ Hz olan alternatif gerilim kaynağına bağlıdır. Rezistörün direnci $R = 220$ Ω 'dur, kondansatör ise $C = 1$ μ F kapasiteye sahiptir. Devredeki I akımını ve U_R ve U_C gerilimlerini hesaplayın.

Alıştırma 10 REZİSTÖR VE BOBİNİN SERİ BAĞLANTISININ VE REZİSTÖR VE KONDANSATÖRÜN SERİ BAĞLANTISININ ANALİZİ		
Modüler birim: Alternatif akımlar	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş



Şekil 10.1

1. NI Multisim programının kullanma kılavuzunda verilen açıklamaları izleyerek, bir seri RL devresi oluşturun (Şekil 10.1). Devre, $U = 10V$, $f = 100 Hz$ olan alternatif gerilim kaynağına bağlı, $R = 220 \Omega$ dirence sahip rezistörün ve en yüksek değeri $L = 100 mH$ olan değişken endüktansa sahip bobinin dizesel bağlantıdan oluşuyor. Bobinin endüktansını, bobin sembolü yanındaki sanal kaydırıcıya tıklayarak, maksimum endüktansın %20'sinden başlayarak, ondan sonra %40, %60, %80 ve %100'e kadar sıçramalı değiştireceksiniz.

2. Endüktansın her değişimi sırasında, U_R ve U_L gerilimlerini ve I akım gücünü ölçün. Ölçüm sonuçlarını aşağıdaki tabloda girin.

	%20 L	%40 L	%60 L	%80 L	%100 L
U_R					
U_L					
I					

3. Tablodaki ölçme sonuçlarını analiz edin U_L gerilimi bobinin endüktansına nasıl bağlıdır? Endüktansın artmasıyla, U_L gerilimi artar mı azalır mı? Bu bağımlılığı nasıl açıklıyorsunuz?

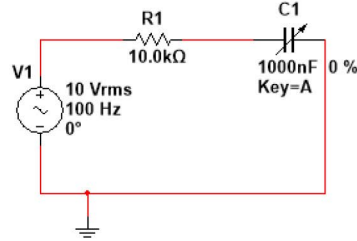
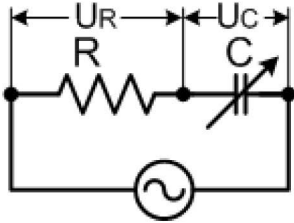
4. Seri RL devresinde gerilimlerin üçgen kuralı geçerli midir? Tablonun son sütunundaki gerilim değerleriyle kontrol edin

$U^2 = U_R^2 + U_L^2$	
-----------------------	--

5. Ev ödevi 1'den hesaplanan teorik değerleri ve kaydırıcın değişken bobinin %100 pozisyonu için (tablonun son sütunundaki değerler) yapılan simülasyon sırasında elde edilen değerleri karşılaştırın.

	Teorik değerler	Simülasyon ile elde edilen sonuçlar	Karşılaştırma (yorum)
U_R			
U_L			
I			

6. NI Multisim programının kullanma kılavuzunda verilen açıklamaları izleyerek, bir seri RC devresi oluşturun (Şekil 10.2). Devre, $U = 10V$, $f = 100\text{ Hz}$ olan alternatif gerilim kaynağına bağlı, $R = 220\ \Omega$ dirence sahip rezistörün ve en yüksek değeri $C = 1\ \mu\text{F}$ olan değişken kapasiteye sahip kondansatör dizesel bağlantıdan oluşuyor. Kondansatörün kapasitesini, kondansatör sembolü yanındaki sanal kaydırıcıya tıklayarak, maksimum kapasitenin %20'sinden başlayarak, ondan sonra %40, %60, %80 ve %100'e kadar sıçramalı değiştireceksiniz.



Şekil 10.2

7. Kapasitenin her değişimi sırasında, U_R ve U_C gerilimlerini ve I akım gücünü ölçün. Ölçüm sonuçlarını aşağıdaki tabloda girin.

	%20 C	%40 C	%60 C	%80 C	%100 C
U_R					
U_C					
I					

8. Tablodaki ölçme sonuçlarını analiz edin U_C gerilimi kondansatörün kapasitesine nasıl bağlıdır? Kapasitenin artmasıyla, U_C gerilimi artar mı azalır mı? Bu bağımlılığı nasıl açıklıyorsunuz?

9. Seri RC devresinde gerilimlerin üçgen kuralı geçerli midir? Tablonun son sütunundaki gerilim değerleriyle kontrol edin.

$U^2 = U_R^2 + U_C^2$	
-----------------------	--

10. Ev ödevi 2'de hesaplanan teorik değerleri ve kaydırıcın değişken kondansatörün %100 pozisyonu için (tablonun son sütunundaki değerler) yapılan simülasyon sırasında elde edilen değerleri karşılaştırın

	Teorik değerler	Simülasyon ile elde edilen sonuçlar	Karşılaştırma (yorum)
U_R			
U_C			
I			

Alıştırma 11

REZİSTÖR VE BOBİNİN PARALEL BAĞLANTISININ VE REZİSTÖR VE KONDANSATÖRÜN PARALEL BAĞLANTISININ ANALİZİ

Alıştırmanın amacı, NI Multisim programında bilgisayar simülasyonu aracılığıyla, paralel RL ve paralel RC devrenin analizini yapmak, bobin endüktansının paralel RL devresinde ile kondansatör kapasitesinin paralel RC devresinde değişmesinin diğer büyüklüklere: reaktif dirençler, gerilimler ve akımlara nasıl etkilediğini göstermektir.

Gerekli ön bilgiler. Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi **hatırlayın:** aktif direnç, reaktif endüktif direnç, reaktif kapasitif direnç, admitans, rezistör ve bobinin paralel bağlantısı, rezistör ve kondansatörün paralel bağlantısı.

Alıştırmanın açıklaması: Alıştırma iki bölümden oluşuyor.

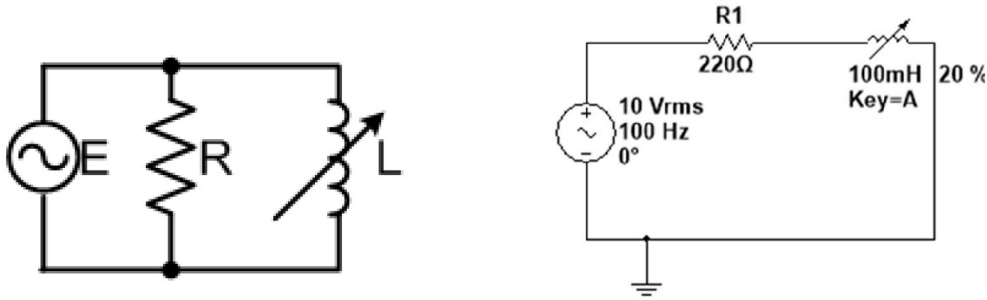
- I. Alternatif gerilim kaynağına bağlı, rezistör ve bobin arasında paralel bağlantıdan oluşan devrenin bilgisayar simülasyonu.
- II. Alternatif gerilim kaynağına bağlı, rezistör ve kondansatör arasında paralel bağlantıdan oluşan devrenin bilgisayar simülasyonu

Alıştırma, önceden NI Multisim programının yüklü olduğu bilgisayarlı sınıfta gerçekleştirilmesi gerekiyor.

Ev ödevi (ödevler uygulamalı alıştırmalar için öngörülen derslerden önce çözümleri gerekiyor):

1. Paralel RL devresi, etkin değeri $U = 10 \text{ V}$ ve frekansı $f = 100 \text{ Hz}$ olan alternatif gerilim kaynağına bağlıdır. Rezistörün direnci $R = 220 \text{ } \Omega$ 'dur, bobin ise $L = 100 \text{ mH}$ endüktansa sahiptir. Devrenin üç dalındaki I , I_1 ve I_2 akımlarını hesaplayın.
2. Paralel RC devresi, etkin değeri $U = 10 \text{ V}$ ve frekansı $f = 100 \text{ Hz}$ olan alternatif gerilim kaynağına bağlıdır. Rezistörün direnci $R = 220 \text{ } \Omega$ 'dur, kondansatör ise $C = 1 \text{ } \mu\text{F}$ kapasiteye sahiptir. Devrenin üç dalındaki I , I_1 ve I_2 akımlarını hesaplayın.

Alıştırma 11 REZİSTÖR VE BOBİNİN PARALEL BAĞLANTISININ VE REZİSTÖR VE KONDANSATÖRÜN PARALEL BAĞLANTISININ ANALİZİ		
Modüler birim: Alternatif akımlar	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş



Şekil 11.1

- NI Multisim programının kullanma kılavuzunda verilen açıklamaları izleyerek, bir paralel RL devresi oluşturun (Şekil 11.1). Devre, $U = 10V$, $f = 100 Hz$ olan alternatif gerilim kaynağına bağlı, $R = 220 \Omega$ dirence sahip rezistörün ve $L_{max} = 100 mH$ olan değişken endüktansa sahip bobinin dizesel bağlantıdan oluşuyor. Bobinin endüktansını, bobin sembolü yanındaki sanal kaydırıcıya tıklayarak, maksimum endüktansın %20'sinden başlayarak, ondan sonra %40, %60, %80 ve %100'e kadar sıçramalı değiştireceksiniz.
- Endüktansın her değişimi sırasında, I , I_R ve I_L akım güçlerini ölçün. Ölçüm sonuçlarını aşağıdaki tabloda girin.

	%20 L	%40 L	%60 L	%80 L	%100 L
I_R					
I_L					
I					

- Tablodaki ölçme sonuçlarını analiz edin. Akımlar bobinin endüktansına nasıl bağlıdır? Endüktansın artmasıyla, I_L gerilimi artar mı azalır mı? Bu bağımlılığı nasıl açıklıyorsunuz?

- Paralel RL devresinde akımların üçgen kuralı geçerli midir? Tablonun son sütunundaki akım değerleriyle kontrol edin.

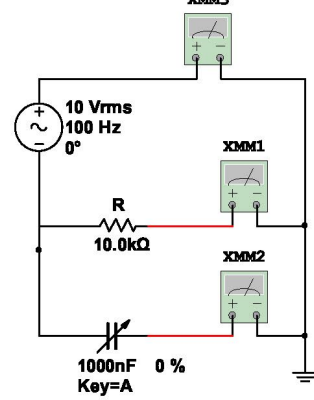
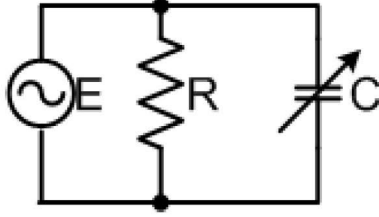
$I^2 = I_R^2 + I_L^2$	
-----------------------	--

- Ev ödevi 1'de hesaplanan teorik değerleri ve kaydırıcının değişken bobinin %100 pozisyonu için (tablonun son sütunundaki değerler) yapılan simülasyon sırasında elde edilen değerleri karşılaştırın.

	Teorik değerler	Simülasyon ile elde edilen sonuçlar	Karşılaştırma (yorum)
U_R			
U_L			
I			

Laboratuvar alıştırmaları için çalışma kitabı

1. NI Multisim programının kullanma kılavuzunda verilen açıklamaları izleyerek, bir paralel RC devresi oluşturun (Şekil 11.2). Devre, $U = 10V$, $f = 100\text{ Hz}$ olan alternatif gerilim kaynağına bağlı, $R = 220\ \Omega$ dirence sahip rezistörün ve en yüksek değeri $C = 1\ \mu\text{F}$ olan değişken kapasiteye sahip kondansatörün paralel bağlantıdan oluşuyor. Kondansatörün kapasitesini , kondansatör sembolü yanındaki sanal kaydırıcıya tıklayarak, maksimum kapasitenin %20'sinden başlayarak, ondan sonra %40, %60, %80 ve %100'e kadar sıçramalı değiştireceksiniz



Şekil 11.2

2. Kapasitenin her değişimi sırasında, I , I_R ve I_C akım güçlerini ölçün. Ölçüm sonuçlarını aşağıdaki tabloda girin.

	%20 C	%40 C	%60 C	%80 C	%100 C
I_R					
I_C					
I					

3. Tablodaki ölçme sonuçlarını analiz edin. I_C akım gücü kondansatörün kapasitesine nasıl bağlıdır? Kapasitenin artmasıyla, I_C gerilimi artar mı azalır mı? Bu bağımlılığı nasıl açıklıyorsunuz?

4. Paralel RC devresinde akımların üçgen kuralı geçerli midir? Tablonun son sütunundaki akım değerleriyle kontrol edin

$I^2 = I_R^2 + I_C^2$	
-----------------------	--

5. Ev ödevi 2'de hesaplanan teorik değerleri ve kaydırıcın değişken kondansatörün %100 C pozisyonu için yapılan simülasyon sırasında elde edilen değerleri karşılaştırın.

	Teorik değerler	Simülasyon ile elde edilen sonuçlar	Karşılaştırma (yorum)
I_R			
I_L			
I			

Alıştırma 12

SERİ RLC DEVRENİN ANALİZİ
PARALEL RLC DEVRENİN ANALİZİ

Alıştırmanın amacı, NI Multisim programında bilgisayar simülasyonu aracılığıyla, seri ve paralel RLC devrenin analizini yapmak, gerilimleri akımları ölçmek ve seri RLC devresi için gerilimler üçgenini çizmek ve paralel RLC devresi için akımların üçgenini çizmektir.

Gerekli ön bilgiler. Bu alıştırmanın gerçekleştirilmesine geçmeden önce, şunlarla ilgili önceden öğrendiklerinizi **hatırlayın:** aktif direnç, reaktif endüktif direnç, reaktif kapasitif direnç, empedans, admitans, seri RLC devresi ve paralel RLC devresi.

Alıştırmanın açıklaması: Alıştırma iki bölümden oluşuyor.

- I. Alternatif gerilim kaynağına bağlı, rezistör, bobin ve kondansatörün seri bağlantısından oluşan devrenin bilgisayar simülasyonu, akımların ve gerilimlerin sanal ölçülmesi.
- II. Alternatif gerilim kaynağına bağlı, rezistör, bobin ve kondansatörün paralel bağlantısından oluşan devrenin bilgisayar simülasyonu, akımların ve gerilimlerin sanal ölçülmesi

Alıştırma, önceden NI Multisim programının yüklü olduğu bilgisayarlı sınıfta gerçekleştirilmesi gerekiyor.

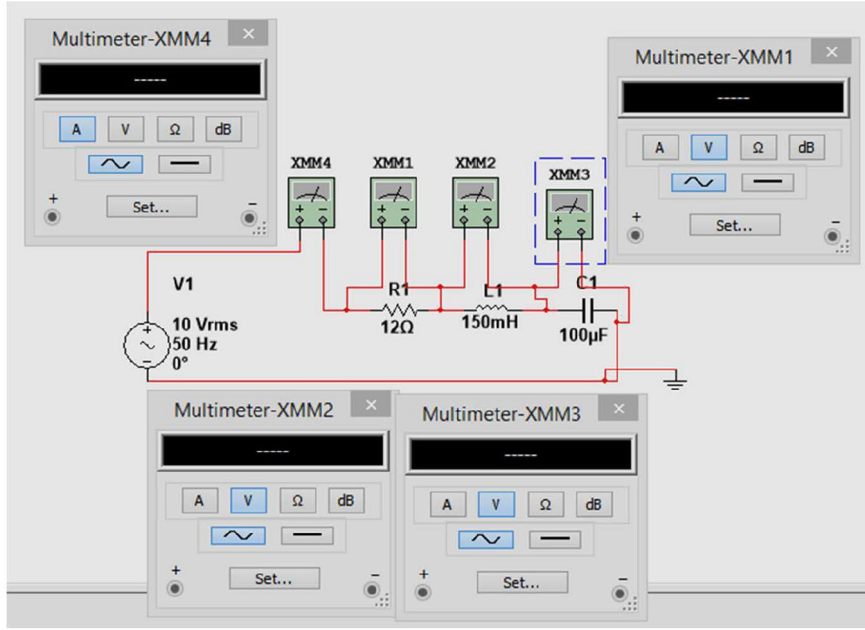
Ev ödevi (ödevler uygulamalı alıştırılmalar için öngörülen derslerden önce çözümleri gerekiyor):

1. Seri RLC devresi, etkin değeri $U = 10 \text{ V}$ ve frekansı $f = 100 \text{ Hz}$ olan alternatif gerilim kaynağına bağlıdır. Rezistörün direnci $R = 12 \Omega$ 'dur, bobin $L = 150 \text{ mH}$ endüktansa sahiptir ve kondansatör $C = 100 \mu\text{F}$ kapasiteye sahiptir. Bobinin ve kondansatörün reaktif dirençlerini, devrenin toplam empedansını, I akımını ve U_R , U_L ve U_C gerilimlerini hesaplayın
2. Paralel RLC devresi, etkin değeri $U = 10 \text{ V}$ ve frekansı $f = 100 \text{ Hz}$ olan alternatif gerilim kaynağına bağlıdır. Rezistörün direnci $R = 220 \Omega$ 'dur, kondansatör ise $C = 1 \mu\text{F}$ kapasiteye sahiptir. Devrenin üç dalındaki I , I_R , I_L ve I_C akımlarını hesaplayın.

Laboratuvar alıştırmaları için çalışma kitabı

Alıştırma 12 SERİ RLC DEVRENİN ANALİZİ PARALEL RLC DEVRENİN ANALİZİ		
Modüler birim: Alternatif akımlar	Alıştırmanın gerçekleştirilmesi için öngörülen süre: 2 ders	
Öğrenci:	Sınıf	Öğretmen tarafından kontrol edilmiş

1. NI Multisim programının kullanma kılavuzunda verilen açıklamaları izleyerek, bir seri RLC devresi oluşturun (Şekil 12.1). Devre, $U = 10V$, $f = 50 Hz$ olan alternatif gerilim kaynağına bağlı, $R = 12 \Omega$ dirence sahip rezistörün, $L=150 mH$ endüktanslı bobin ve kapasitesi $C = 100 \mu F$ olan kondansatörün seri bağlantısından oluşuyor.



Şekil 12.1

2. I akımının ve U_R , U_L ve U_C gerilimlerin ölçülmesi için devreye sanal multimetre bağlayın.
3. Simülasyonu başlatın ve I akımının ve U_R , U_L ve U_C gerilimlerin değerlerini ölçün.
4. Ölçülen değerleri tabloda yazın. Tablonun uygun yerinde, hesaplamalarla elde edilen teorik değerleri de yazın.

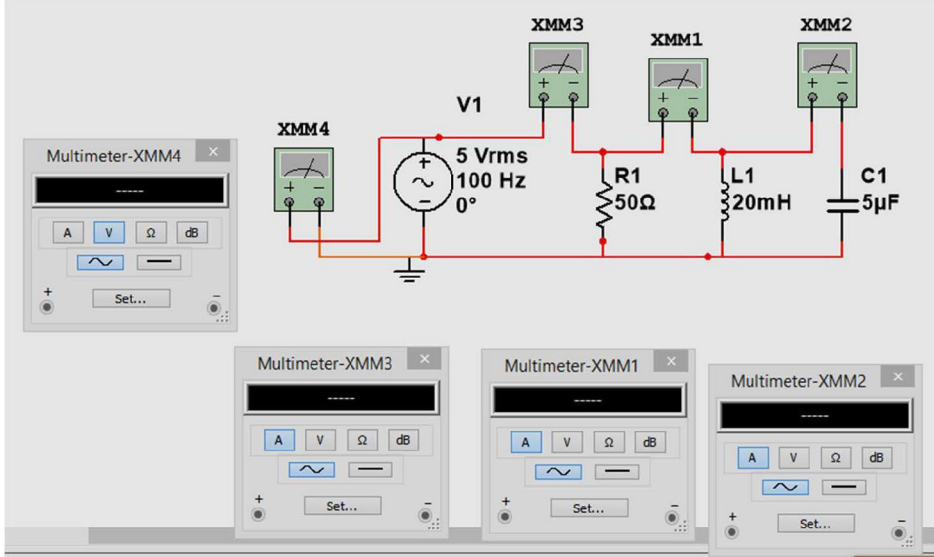
	U	U_R	U_L	U_C	I
Ölçülen değerler					
Teorik değerler					

5. Teorik ve ölçülen değerler arasında fark var mı? Sizin düşünceniz nedir, ölçüm aletleriyle pratik ölçmeyle mi, program simülasyonu ile mi daha doğru değerler elde edilir?

6. Sanal ölçüm aletleriyle ölçülen gerilimlerin değerlerini kullanarak, bu elektrik devre için gerilimler üçgenini çizin

Laboratuvar alıştırılmaları için çalışma kitabı

1. NI Multisim programının kullanma kılavuzunda verilen açıklamaları izleyerek, bir paralel RLC devresi oluşturun (Şekil 12.2). Devre, $U = 5V$, $f = 1000\text{ Hz}$ olan alternatif gerilim kaynağına bağlı, $R = 50\ \Omega$ dirence sahip rezistörün, $L=20\text{ mH}$ endüktanslı bobin ve kapasitesi $C = 5\ \mu\text{F}$ olan kondansatörün paralel bağlantısından oluşuyor.



Şekil 12.2

2. I akımının ve U_R , U_L ve U_C gerilimlerin ölçülmesi için devreye sanal multimetre bağlayın.
3. Simülasyonu başlatın ve I akımının ve U_R , U_L ve U_C gerilimlerin değerlerini ölçün.
4. Ölçülen değerleri tabloda yazın. Tablonun uygun yerinde, hesaplamalarla elde edilen teorik değerleri de yazın.

	U	U_R	U_L	U_C	I
Ölçülen değerler					
Teorik değerler					

5. Teorik ve ölçülen değerler arasında fark var mı? Sizin düşünceniz nedir, ölçüm aletleriyle pratik ölçmeyle mi, program simülasyonu ile mi daha doğru değerler elde edilir?

6. Sanal ölçüm aletleriyle ölçülen akımların değerlerini kullanarak, bu elektrik devre için akımlar üçgenini çizin.

EKLER

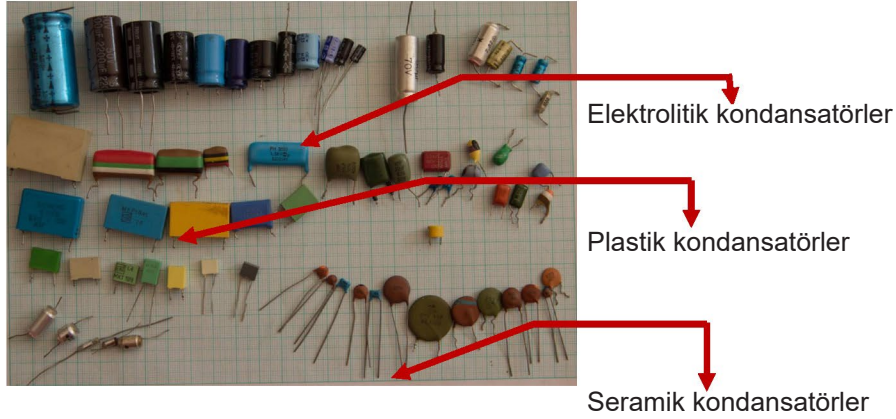
EK 1: Kondansatörler

Kondansatörler elektrik miktarı depolama yeteneği olan pasif elektronik bileşenlerdir. Kondansatörlerin temel parametreleri şunlardır: Kapasite, nominal (itibari) gerilim ve tolerans. Kondansatör türüne bağlı olarak, kapasitenin değeri bir kaç pF'tan birkaç on bin μF sınırları arasında değişiyor. Nominal gerilim kondansatör plakalarına dielektriğin kırılmaması meydana gelmediği sürekli olarak tutabileceğimiz en yüksek gerilimdir. Bu gerilim birkaç Volt'tan bir kaç yüz Volt'a kadar olabilir.

Kondansatör türleri

Çok sayıda farklı kondansatör türleri vardır.

Elektrolitik kondansatörler kutuplaşmış kondansatörlerdir. Bu kondansatörlerin gövdesinde her zaman elektrotların kutbu görünür şekilde işaretlenmiştir ve gerilime bağlandıkları zaman dikkatli olmalıdır. Elektrolitik kondansatörlerin nispeten yüksek kapasiteleri vardır (1 μF 'tan 10000 μF 'a kadar). Diğer kondansatör türlerinde elektrotlar kutuplanmış değildir. Onlar daha küçük kapasiteye sahiptir (1 pF'tan 10pF'a kadar).



Kondansatör işaretlerin okunması

Kondansatörün temel parametrelerinin değeri, kondansatörün gövdesinde alfanümerik olarak işaretlenmiştir.

Elektrolitik ve plastik blok-kondansatörlerin gövdesinde, kapasiteye ilişkin yazılmış değer vardır. Bu değer yanına ölçü birimi yoksa, o zaman eğer işaretlenmiş değer 1'den daha büyükse kapasite pikofaratla ifade edilir. Eğer değer 1'den daha küçük ondalık sayıysa (sıfır ile 1 arasında ondalık sayı), o zaman kapasite μF ile ifade edilir.

Seramik kondansatörlerde, işaretleme genelde şifrelidir. Kondansatörün gövdesindeki işaret üç haneli rakamdır, öyle ki üçüncü rakam ilk iki rakama kaç sıfır eklememiz gerektiğini gösterir. Bu şekilde okunmuş değer pF ile ifade edilmektedir. Eğer seramik kondansatörlerde işaret bir veya iki haneli sayıysa, o zaman değeri doğrudan okuyarak yine pF ile ifade edilir.

Kapasitenin ölçülmesi

Kapasite, kapasite için uygun ölçüm bölgesinde yerleştirilmiş multimetre yardımıyla ölçülür. Şekilde, kapasiteyi ölçme yeteneğine sahip dijital multimetre gösterilmiştir. Metnin devamında, kapasitenin bu multimetre yardımı ile ölçülmesi açıklanacaktır. Başka bir tür multimetre ile kapasiteyi ölçme prensibi aynıdır. Multimetrenin tasarımında (üreticiye bağlı olarak) minimal farklılıklar olabilir, fakat bu, kapasiteyi ölçme sürecinde hiçbir şeyi değiştirmeyecek.

Bu multimetrede kapasite ölçüm bölgesi, FARAD işareti ile işaretlenmiştir (kapasite ölçüm birimine göre). Bu ölçüm bölgesi çerçevesinde geçiş anahtarının 6 pozisyonu vardır: 2 nF, 20 nF, 200 nF, 2 µF, 20 µF ve 200 µF. Her pozisyon kesin olarak belirlenen ölçüm aralığı kapsamaktadır: ilk pozisyon, kapasitesi 2 nF'tan düşük kondansatörler için kullanılır, ikincisi kapasitesi (2÷20) nF aralığında olan kondansatörler için, üçüncü pozisyon (20÷200) nF için kullanılır; dördüncüsü (200 nF÷2 µF) için; beşincisi (2÷20) µF için ve geçiş anahtarının altıncı pozisyonu (20÷200) µF aralığında kapasitenin ölçülmesi için kullanılır. Kapasiteyi ölçerken, geçiş anahtarı her zaman FARAD olarak işaretlenmiş ölçüm bölgesine ayarlanır ve ölçüm aralığı seçimi kondansatörün kapasitesine bağlıdır.

Kapasitesini ölçmek istediğimiz kondansatörü bağlamak için bu multimetrede C_x ile işaretlenmiş bağlaç vardır (bazı multimetrelerde böyle bir bağlaç yoktur, ancak kapasitesini ölçmek istediğimiz kondansatör uygun soketlere yerleştirilmiş ölçüm kablolarıyla bağlanır).

Kapasiteyi ölçme süreci

1. Kondansatörler, elektrik yüklerini yani elektrik miktarını depolama özelliğine sahip elemanlardır. Bu arada, kondansatörün iletken plakaları arasındaki elektrik gerilimi artar. Bu miktardaki elektrik, gerilimden çekildiğinden sonra bile kondansatör plakalarında birikmiş olarak kalır. Bu nedenle, bir kondansatörün ölçümüne geçmeden önce "kondansatörü boşaltmak" gerekiyor. Kondansatörün boşaltılması, kondansatör çıkışlarını doğrudan birbirine bağlayarak basit şekilde yapılır. Genellikle elektronikte bu, yalıtımlı saplı bir tornavida yardımıyla yapılır. Enerji sektöründe kullanılan ve daha yüksek gerilimlerle çalışmak için tasarlanmış kondansatörlerde, kondansatörün boşaltılması, çıkışlarının daha büyük güce sahip rezistöre bağlanmasıyla yapılır

2. Bilinmeyen kapasiteye sahip kondansatör ölçüyorsanız, o zaman geçiş anahtarını bu alet için (20÷200) µF olan en yüksek ölçüm aralığına ayarlayın. Multimetrenin ekranında bu sınırlar (20÷200) içinde bir ondalık sayı gösterilirse, kondansatörün kapasitesi ekranda görüntülenen değerindedir ve ölçüm birimi µF'tır. Multimetrenin ekranında 20'den daha küçük ondalık sayı gösterilirse, o zaman ekranda görüntülenen değer ait olduğu daha küçük uygun ölçüm aralığı seçmeniz gerekiyor.

Ölçülen değerden daha büyük olan ilk aralığın seçildiği durumda ölçüm en doğrudur ve ölçüm hatası en küçük olacaktır. Örneğin: Kapasitesi 17 µF olan bir kondansatörü ölçüyorsunuz. Bu kondansatör hem (20÷200) µF ölçüm aralığında hem de (2÷20) µF ölçüm aralığında ölçülebilir. Ancak, ölçüm aralığı (2÷20) µF'yi seçmeniz durumunda, yani geçiş anahtarı 20 (2÷20) µF pozisyonunda olunca ölçüm en doğru olacaktır ve ölçüm hatası en küçük olacaktır.

3. Kapasitenin değerini önceden bildiğiniz bir kondansatör ölçüyorsanız ve sadece onun doğruluğunu kontrol ediyorsanız, o zaman doğrudan beklenen değerden daha büyük olan ilk ölçüm aralığını seçiyorsunuz. Ölçülen kapasiteyi, kondansatör gövdesinde belirtilmiş kapasite ile karşılaştırırken, her zaman izin verilen sapmayı, yani toleransı göz önüne alın.

4. Kapasite ölçerken, ekranın sol tarafında I veya OL gösteriliyorsa, bu, ölçülen kondansatörünün kapasitesi, ölçüm aralığının üst sınırından daha büyük olduğu anlamına gelir

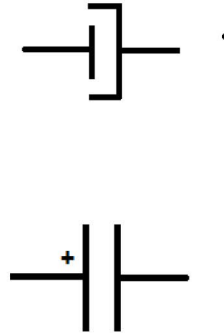
Değişken bir kondansatör ölçerken, onun en küçük ve en büyük kapasitesi ölçülmelidir

Elektrolitik kondansatör

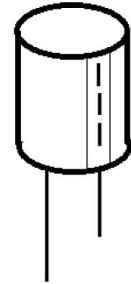
Alıştırma 1'deki ilk ödevin gerçekleştirilmesi sırasında kullanacağımız kondansatör, elektrolitik kondansatördür. Elektrolitik kondansatörlerin özelliği, alüminyum elektrotlara (ince alüminyum folyolar şeklinde şeritler) sahip olmaları ve yalıtkan olarak alüminyum folyoya elektrokimyasal tepkimesi uygulanan alüminyum oksit kullanılmasıdır. Alüminyum oksit sadece bir yönde iletir, diğerinde iletmez. Bu yüzden elektrolitik kondansatörlerin kutuplanmış (polarize) olduğunu diyoruz. **Bir akım devresine elektrolitik kondansatör bağlarken, hangi elektrotun pozitif hangisinin negatif olduğuna dikkat edilmelidir.** Negatif elektrot genellikle kondansatörün gövdesi üzerinde eksi işareti (-) ile işaretlenir. hangi elektrotun pozitif hangisinin negatif olduğunu belirlemenin başka bir yolu çıkışların uzunluğuna göre dir. Bir elektrotun çıkışı daha uzundur, diğerin çıkışı ise daha kısadır. Daha kısa çıkış, negatif elektrota uygundur, daha uzun çıkış ise pozitif olan elektrota karşılık gelir.



Elektrolitik kondansatör -
elemanın görünüşü



Elektrolitik kondansatör
sembölü



Elektrolitik kondansatörde
çıkışların sıralaması

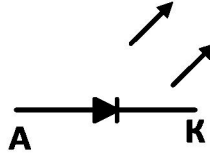
EK 2 : Led diyotu

Led diyotu, ondan elektrik akım aktığında ışık yayan elektronik yarı iletken elemandır. Led diyotun iki çıkışı var: Anot ve katot.

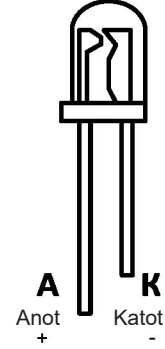
Led diyotunu akım devresine bağlarken, kutuplara dikkat edilmelidir.



Led diyotlar – elemanın görünüşü



Led diyot sembolü



Led diyotunda çıkışlarının sıralaması

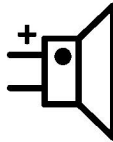
Vızlayıcı

Vızlayıcı, özelliği ondan elektrik akım aktığında ses üretmesi olan elektronik elemandır.

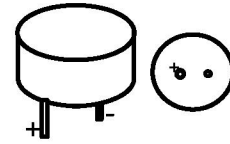
Vızlayıcı akım devresine bağlarken, kutuplara dikkat edilmelidir.



Piezo vızlayıcı elemanın görünüşü



Piezo vızlayıcı sembolü



Piezo vızlayıcı çıkışları

EK 3: Rezistörler

Rezistörler, elektrik ve elektronik devrelerde en çok kullanılan bileşenler olduğunu diyebileceğimiz pasif bileşenlerdir. Rezistörleri karakterize eden büyüklük, R ile işaretlenen ve ohm (Ω) ile ölçülen dirençtir.

Rezistörlerin temel amacı akım devresinin yerleştiriliği bölümünde, elektrik akımının gücünü sınırlamak, ayarlamaktır, dolayısıyla elektrik gerilimini de ayarlıyorlar.

Rezistörler birden fazla parametre ile karakterize edilirler, fakat rezistör seçerken en yaygın kullanılan parametreler şunlardır: nominal elektrik direnç ve izin verilen sapma (tolerans) ve rezistörün maksimum güç dağıtımı.

Rezistörler, nominal direncin kesin tanımlanmış, birkaç $m\Omega$ 'dan 10 $M\Omega$ 'a kadar sınırlarında Standart Renart dizelerine göre sıralanmış değerlerle üretiliyorlar.

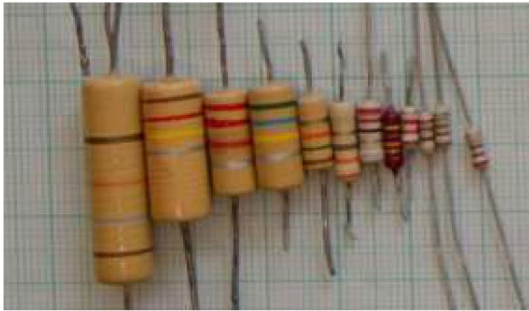
İzin verilen sapma, rezistörün direncinin nominal değerlerinin yüzdelerle ifade ediliyor ve %20; %10; %5; %2; %1; %0,5; %0,25; %0,1 olabilir.

Maksimum güç dağıtımının değerleri de aynı şekilde standartlaştırılmıştır: 0,125W; 0,25W; 0,5W; 1W; 2W; 3W; 4W; 5W; 7W; 10W; 15W; 20W; 25W; 50W; 100W.

Rezistör türleri

Genelde, tüm rezistörler üç gruba ayrılabilir:

- Sürekli (sabit) dirençli rezistörler
- Değişken dirençli rezistörler – değişken rezistörler (potansiyometreler)
- Doğrusal olmayan rezistörler (dirençleri başka bir parametreden bağlı olan rezistörler: aydınlık – fotorezistörler, gerilim – varistörler, sıcaklık – termistörler.



Renklerle işaretlenmiş, maksimum güç dağıtımına göre sıralanmış (büyükten küçüğe) sürekli (sabit) dirençli rezistörler



Değişken dirençli rezistörler

Rezistörlerin işaretlenmesi

Rezistörlerin işaretlenmesi iki şekilde olabilir:

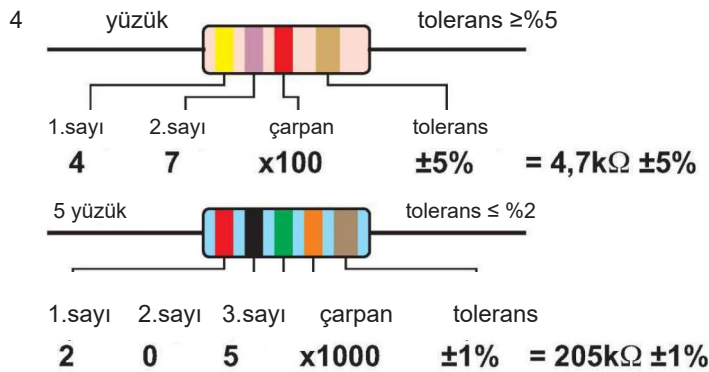
- Alfanoümerik (sayılar ve harflarla)
- Renklerle

Daha yüksek güç dağıtımına sahip olan rezistörler fiziksel olarak da daha büyüktür ve onlarda temel parametreler: nominal direnç, tolerans ve güç, rezistörün gövdesinde doğrudan işaretlenmiştir. Nominal direncin işaretlenmesi sırasında, E harfi ve R harfi ohmları (Ω) belirtir, K harfi kiloohmları ($K\Omega$), M harfi ise megaohmları ($M\Omega$) belirtir. Eğer harf sayılar arasında bulunuyorsa, o zaman o yerde ondalık noktanın olması gerekiyor, nominal değer ise harfe bağlı olarak uygun birimde ifade edilecektir.

$$4K7=4,7K\Omega; 330E=330\Omega; 5M6=5,6M\Omega$$

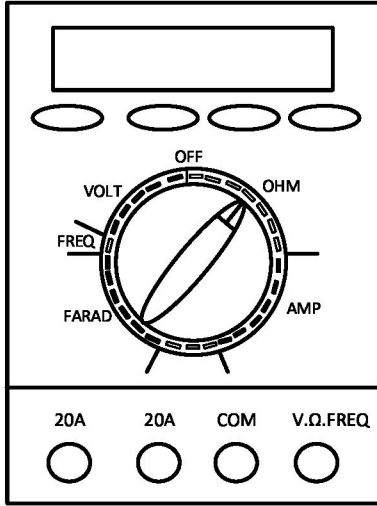
Renklerle işaretleme daha küçük boyutlu rezistörlerde uygulanıyor. Böyle işaretleme şeklinde, rezistörün gövdesinde birkaç renkli yüzük sıralanır. Yüzüklerin sıralanması, yani renkleri okumanın sıralaması, rezistör gövdesinin sonuna daha yakın yüzükten başlar.

Renk	Sayı	Çarpan	Tolerans
Siyah	0	x1	-
Kahverengi	1	x10	$\pm 1\%$
Kırmızı	2	x100	$\pm 2\%$
Turuncu	3	x1000	-
Sarı	4	x10 ⁴	-
Yeşil	5	x10 ⁵	$\pm 0,5\%$
Mavi	6	x10 ⁶	$\pm 0,25\%$
Mor	7	x10 ⁷	$\pm 0,1\%$
Gri	8	x10 ⁸	-
Beyaz	9	x10 ⁹	-
Altın	-	x0,1	$\pm 5\%$
Gümüş	-	x0,01	$\pm 10\%$
Renksiz	-	-	$\pm 20\%$



Direncin ölçülmesi

Direncin dijital multimetre ile ölçülmesi

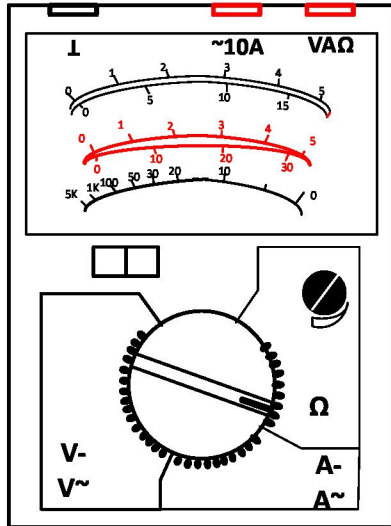


Direncin ölçülmesi sırasında, geçiş anahtarı Ω veya OHM ile işaretlenmiş ölçüm bölgesinden bir pozisyonda olması gerekiyor. **Direnci ölçülen eleman gerilim altında olmamalıdır ve yalıtılmış olması gerekiyor (başka elemanlarla veya bir devreyle bağlı olmaması gerekiyor).**

Sonucun ekranda en fazla rakamla görüntüleneceği ölçüm aralığı seçildiği durumda ölçüm en doğru olacaktır. Bu ölçüm aralığı, ölçtüğünüz değerden ilk daha yüksek ölçüm aralığıdır.

Sonucu okurken, ölçü birimi (ohm Ω), geçiş anahtarının pozisyonuna göre belirlediğiniz önekle olacaktır (K-Kilo, M-Mega)

Direncin analog multimetre ile ölçülmesi



Direncin ölçülmesi için analog multimetrelerde pilin olması gereklidir. Aletlerin en büyük kısmı 1,5V'luk bir veya iki pil kullanırlar.

Direncin değerinin okunması, Ω ile işaretlenmiş özel ölçekte yapılıyor. Direnci ölçmek için ölçüm ölçeği, elektrik gerilimin ve elektrik akım gücünün ölçülmesi için ölçüm ölçeklerinden şunlarda farklıdır:

1. Bu ölçek doğrusal değildir çünkü bölmeler aynı uzaklıkta değildir;
2. Ölçeğin başlangıcı (ohmik sıfır) sağ tarafta bulunuyor, ölçeğin sol kenarında direnç sonsuzdur.

Aletin ohmmetre olarak kullanılmasından önce, ölçüm sondaları (probları) kısaca bağlanmalıdır.

Ok sola sapacak ve ohmik sıfır ile çakışmalıdır. Eğer ok ohmik sıfırla çakışmıyorsa, o zaman alette amacı bunu düzeltme olan uygun düğme yardımıyla okun pozisyonu düzeltiliyor. Bu süreç, ölçüm aralığının her değişmesi sırasında ve her ölçmeden önce tekrarlanmalıdır.

Ölçülen direncin değeri, bölmelerin okunan sayısı, geçiş anahtarının ayarlandığı pozisyondaki sayıyla çarpılarak ($\times 1$, $\times 10$, $\times 100$,...) elde ediliyor.

Geçiş anahtarının pozisyonu, okun ölçeğin ikinci yarısında olduğu durumda (ölçek bölmelerin en nadir olduğu yerde), ölçüm en doğru olacaktır.

EK 4: Elektrik gerilimin ve elektrik akım gücünün ölçülmesi

Elektrik gerilimin ve elektrik akım gücünün ölçülmesi, aşağıdaki şekilde gösterilmiş olan ölçüm aletiyle açıklanacaktır. Genelde, başka bir aletle ölçme şekli açıklanan şekille aynıdır.

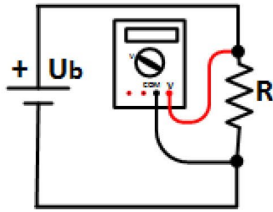
Elektrik gerilimin ölçülmesi



Doğru elektrik gerilimin ölçümü sırasında, geçiş anahtarı VOLT ile işaretlenmiş ölçüm bölgesinden bir pozisyonda olmalıdır.

Alternatif gerilim ölçülüyorsa, geçiş anahtarı yeniden VOLT ile işaretlenmiş ölçüm bölgesinden bir pozisyonda bulunuyor, fakat şimdi **ek olarak**, aletin üst sağ köşesinde bulunan, **AC ile işaretlenmiş düğmenin bastırılması gerekiyor**. Düğme bastırılmış olduğu zaman, ekranda AC göstergesi gösteriliyor ve böylece alet alternatif gerilimin ölçümü için ayarlanmış oluyor.

Ölçüm kabloları uygun soketlere yerleşmeleri gerekiyor: Siyah kablo COM ile işaretli sokete, kırmızı kablo ise V.Ω.FREQ ile işaretlenmiş sokete yerleşir.



Elektrik gerilimin ölçülmesi için, alet gerilimi ölçüldüğü noktaların arasında paralel bağlanıyor. Kırmızı ölçüm kablosu daha yüksek potansiyele sahip noktaya, siyah ölçüm kablosu ise daha alçak potansiyele sahip noktaya bağlanıyor.

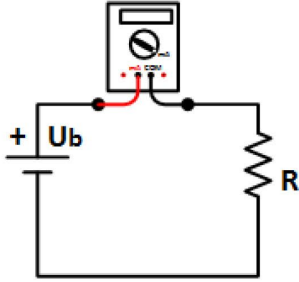
Elektrik akım gücünün ölçülmesi



Doğru elektrik akım gücünün ölçümü sırasında, geçiş anahtarı AMP ile işaretlenmiş ölçüm bölgesinden bir pozisyonda olmalıdır.

Alternatif elektrik akımın gücü ölçülüyorsa, geçiş anahtarı yeniden AMP ile işaretlenmiş ölçüm bölgesinden bir pozisyonda bulunuyor, fakat şimdi **ek olarak**, aletin üst sağ köşesinde bulunan, **AC ile işaretlenmiş düğmenin bastırılması gerekiyor**. Düğme bastırılmış olduğu zaman, ekranda AC göstergesi gösteriliyor ve böylece alet alternatif gerilimin ölçümü için ayarlanmış oluyor.

Ölçüm kabloları uygun soketlere yerleşmeleri gerekiyor: Siyah kablo COM ile işaretli sokete, kırmızı kablo ise mA ile işaretlenmiş sokete yerleşir.



Elektrik akım gücünün ölçülmesi için, alet akımı ölçüldüğü dala seri bağlanıyor.

EK 5: Bobinler

Bobinler alternatif gerilim akım devrelerinde uygulanan pasif bileşenlerdir. Doğru gerilimler için, bobinler kısa bağlantı tanımlamaktadır. Bobinlerin özelliği elektrik enerjii manyetik enerjiye ve ters yönde dönüştürmeleridir.

Bobin, vernik ile yalıtılmış bakır telden belirli sayıda sargısı olan sarımdır. Bir ferromanyetik malzemeden çekirdeğinde sarılmış olabilir veya bağımsız hava bobini olabilir.



Bobini karakterize eden büyüklük endüktanstır. Endüktans için temel ölçü birimi Henri'dir [H]. mH ve μ H gibi daha küçük birimler de kullanılır.

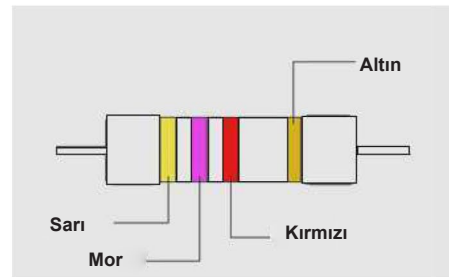
Endüktans dışında, bir bobini karakterize eden diğer büyüklükler şunlardır: hasar görmeden, bobinin uçlarında bağlanabilen en büyük izin verilen gerilim ve bobinde akabilen en büyük izin verilen akımdır.

Bobinlerin işaretlenmesi

Fabrikada üretilen bobinler renklerle işaretlenir ve bobin rengine göre endüktansının okuma şekli rezistörlerde olduğu gibi aynıdır. Okunan değer μ H ile ifade edilir.

Renk	Sayı	Çarpan	Tolerans
Siyah	0	1	/
Kahverengi	1	10	1
Kırmızı	2	100	2
Turuncu	3	1000	3
Sarı	4	10000	4
Yeşil	5	100000	0,5
Mavi	6	1000000	0,25
Mor	7	10000000	0,1
Gri	8	100000000	0,05
Beyaz	9	1000000000	/
Altın	/	0,1	5
Gümüş	/	0,01	10

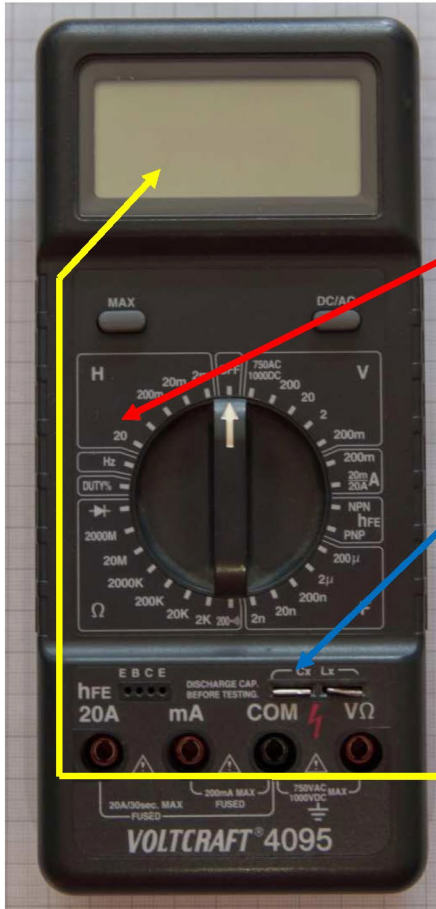
Örnek:



$$L = 47 \times 100 = 4700 \mu\text{H} = 4,7 \text{ mH} \pm \%5$$

Endüktansın ölçülmesi

Bobinin endüktansı, endüktans ölçme olanağı olan multimetre yardımıyla, veya endüktansın ölçülmesi için özel amaçlı aletle ölçülüyor. Aşağıdaki şekilde endüktansın ölçme olanağı olan dijital multimetre gösterilmiştir. Metnin devamında endüktansın bu multimetre yardımıyla ölçülmesi açıklanmıştır. Endüktansın ölçme olanağı olan başka bir aletle endüktans ölçme prensibi açıklanan ölçme şekline benzerdir.



Endüktansın ölçümü, geçiş anahtarının endüktans ölçme ölçüm bölgesinin en büyük ölçüm aralığına yerleştirilerek gerçekleştiriliyor.

Bobinin çıkışları bobin için uygun soketlere yerleştiriliyor.

Ekranında görüntülen değer okunuyor.

Geçiş anahtarının pozisyonuna bağlı olarak, okunan değer H veya mH işe ifade edildiği belirleniyor.

Bazı aletlerde, bobin için özel soket yoktur ve bunlarda ölçme ölçüm kabloları yardımıyla gerçekleştiriliyor. Böyle durumda, ölçüm kabloların ucuna incelenen elemanın çıkışlarına bağlanan kısaçla bitmesi çok daha uygundur. Ölçüm kabloları ne kadar daha kısaysa ölçme daha doğru olacak.

